

annales de l'amélioration des plantes

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
PARIS - GRIGNON

CHAIRE D'AGRICULTURE
CENTRE DE GRIGNON

Trimestriel

1974

Vol. 24 . N° 3

inra

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
Ann. Amélior. Plantes, AAPLA8 24 (3) 215-333 (1974)

AAP24.3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75007 PARIS Tél. : 551-41-09.

Directeur général : J.-M. SOUPAULT

Directeur général adjoint : J. POLY

Inspecteurs généraux : E. BILIOTTI, P. BOUVAREL, A. CAUDERON,
G. FAUCONNEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO, J. REBISCHUNG

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. POLY

Annales agronomiques.

- J. CHAUSSIDON, Chef du Département de Science du Sol, C. N. R. A.
- L. GACHON, Chef du Département d'Agronomie, 63100 Clermont-Ferrand.
- M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie, C. N. R. A.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- M. RIVES, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes, 33140 Pont de la Maye.

Annales de Phytopathologie.

- J. PONCHET, Chef du Département de Pathologie végétale, 06602 Antibes.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

- E. BIBLIOTTI, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales de Zootechnie.

- A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
- A. RÉRAT, Chef du Département de Nutrition, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

- P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux, 21034 Dijon Cedex.
- A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91300 Massy.
- G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux, C. N. R. Z.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

- G. FAUCONNEAU, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- A. FRANÇOIS, Directeur de Recherche à l'I. N. R. A., Directeur du Centre national de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Inspecteur général de la Recherche agronomique, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
- J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54000 Nancy.
- J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique factorielle, C. N. R. Z.
- B. VISSAC, Chef du Département de Génétique animale, C. N. R. Z.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

- J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91440 Bures sur Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

- P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales d'Hydrobiologie.

- R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.
- R. VIBERT, Chef du Département d'Hydrobiologie, 64200 Biarritz.

Annales d'Économie et de Sociologie rurales.

- M. MAZOYER, Département d'Économie et de Sociologie rurales.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

annales
de
l'amélioration
des plantes

Trimestriel

1974

Vol. 24 . N° 3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

UTILISATION DES GÉNITEURS VPM 1 DANS L'AMÉLIORATION DE L'ÉTAT SANITAIRE DU BLÉ TENDRE

G. DOUSSINAULT, J. KOLLER*, H. TOUVIN* et Françoise DOSBA
avec la collaboration technique de COHN, JAFFLIN, LEBLANC, SAUSSEAU
et Anne-Marie TANGUY

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches de Rennes, I. N. R. A.,
35042 Rennes Cedex

* Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches de Dijon, I. N. R. A.,
B. V. 1540, 21034 Dijon Cedex

RÉSUMÉ

Le géniteur VPM 1 [(*Ae. ventricosa* × *T. persicum*) × *T. aestivum* cv. « Marne »³] présente le plus haut niveau de résistance au Piétin-verse connu chez le Blé tendre.

Par hybridation avec la variété « Moisson » ou par action des traitements mutagènes, il a été obtenu des lignées issues de VPM présentant une plus grande précocité, une taille plus courte, donc une meilleure résistance à la verse physiologique, et un rendement en moyenne égal à celui des témoins actuels.

Ce matériel présente, en outre, des qualités technologiques acceptables et un état sanitaire général supérieur à celui de toutes les variétés actuelles.

En un seul cycle de sélection après hybridation, l'utilisation de ce géniteur a permis d'égaliser les meilleurs blés cultivés actuellement en France.

INTRODUCTION

Le plus haut niveau de résistance au Piétin-verse (*Cercospora herpotrichoides* FRON) connu chez les variétés cultivées de Blé tendre est celui atteint par « Cappelle ». Il s'est révélé insuffisant pour protéger les cultures des fortes attaques, fréquentes dans l'Europe du Nord-Ouest.

Dès 1936, SPRAGUE signalait l'existence d'une haute résistance dans l'espèce

Aegilops ventricosa TAUSCH ($2n = 28$, génomes DM^v/DM^v). L'introggression des gènes de résistance de cet *Aegilops* chez le Blé tendre paraît donc particulièrement importante sur le plan pratique puisqu'elle devrait permettre l'utilisation en sélection de gènes qui font totalement défaut chez les *Triticum* (*sensu stricto*).

Ce transfert a été tenté en Grande-Bretagne par KIMBER (1967) et en France par SIMONET (1957), ÉCOCHARD et N. MAÏA (1967). Ces trois derniers auteurs ont obtenu les résultats les plus satisfaisants. En effet, à partir d'un amphiploïde à $2n = 56$ (*Ae. ventricosa* $\times$ *T. persicum*) recroisé trois fois par la variété de Blé tendre « Marne », ils ont sélectionné des lignées dont le comportement vis-à-vis du Piétin-verse est intermédiaire entre celui de l'*Aegilops ventricosa* de départ et celui de la variété « Marne ». Ces lignées à $2n = 42$ chromosomes ont été appelées VPM 1 et possèdent le plus niveau de résistance au Piétin-verse connu chez le Blé tendre.

Les caractéristiques et surtout les possibilités d'utilisation de ce matériel ont été étudiées de façon approfondie. L'étude des descendances de l'hybride (VPM 1 $\times$ « Moisson ») et du matériel VPM 1 récolté en mélange et traité aux agents mutagènes ont donné des éléments de réponse.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel VPM 1 de départ, reçu à Rennes à l'automne 1968, consistait en lignées multipliées sans sélection depuis 2 ans, huit venaient de la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles (un épi par lignée) et deux de celle de Clermont-Ferrand (100 grammes de semences par lignée). Il avait été sélectionné par ÉCOCHARD et N. MAÏA pour la résistance au Piétin-verse et pour le retour à des plantes stables à $2n = 42$ chromosomes pendant six années après le troisième recroisement avec « Marne » en 1960. La généalogie de cette variété est la suivante :

[(« Hybride du Joncquois » $\times$ V 27) $\times$ (« Hybride du Joncquois » $\times$ PLM)]

Nous avons, au cours de cette étude, déterminé le comportement des lignées de VPM 1 vis-à-vis du Piétin-verse au stade plantule et au stade adulte. Les techniques d'infection et de notation utilisées au stade plantule sont celles préconisées par PONCHET (1959). Les jeunes plantes, cultivées en châssis froid, sont infectées au stade coléoptile par un broyat de mycélium obtenu par culture du champignon sur un milieu liquide à base de malt. Les gaines des premières feuilles sont successivement pénétrées par le parasite. Les notations se font sur des parcelles élémentaires lorsque la variété « Moisson », témoin de sensibilité, présente les symptômes caractéristiques de la maladie décrits par PONCHET (1959) sur la moitié des gaines développées.

L'étude du comportement au stade adulte se fait au champ. L'infection est réalisée par l'épandage de chaumes provenant de parcelles infectées l'année précédente (DOUSSINAULT, 1970). Les notations sont réalisées par l'appréciation de la section de la tige attaquée par le parasite. La période favorable à ces observations se place entre le 15 mai et le 30 juin. Les talles sont classées en catégories suivant la méthode préconisée par DOUSSINAULT (1973) qui précise le mode de jugement des variétés en fonction de l'époque de notation et de l'intensité moyenne de l'attaque dans l'essai.

TABLEAU I

Comportement méiotique de dix plantes appartenant à six lignées VPM 1

	2n	Nombre de cellules analysées	' *		''		'' d		'' a		'''		''''		Nombre de chiasmas/cellule
			ext	$\bar{x}$	ext	$\bar{x}$	ext	$\bar{x}$	ext	$\bar{x}$	ext	$\bar{x}$	ext	$\bar{x}$	
V.1.1.1.1.pl 10	42	50	0-2	0,04	20-21	20,98	0-4	1,70	16-21	19,28					40,26
V.1.1.1.2. 4	42	60	0-2	0,44	20-21	20,82	0-7	1,65	13-21	19,17					39,98
V.1.1.1.2. 3	42	50	0-3	0,64	17-19	18,70	0-9	3,36	10-19	15,34	0-1	0,04	0-2	0,96	37,48
V.1.1.2.4. 7	42	25	0-4	0,24	19-21	20,88	0-4	1,80	17-21	19,08					39,96
V.1.1.3.5. 10	42	50	0-2	0,12	20-21	20,94	0-5	1,48	16-21	19,46					40,40
V.1.1.8.4. 1	42	50			21	21	0-4	1,24	17-21	19,76					40,76
V.1.1.2.4.pl 3	41	50	1-3	1,28	19-20	19,86	0-7	3,18	13-20	16,68					36,54
V.1.1.2.4. 9	41	40	1-3	1,40	19-21	19,80	0-6	2,03	13-20	17,78					37,57
V.1.1.2.1.pl 10	43	25	0-3	1,04	20-21	20,81	1-6	2,19	16-21	18,62	0-1	0,12			39,65
V.1.1.8.4. 10	43	25	1	1	21	21	0-4	1,84	17-21	19,17					40,16

* ' : univalent

'' : bivalent

d : droit

a : anneau

''' : trivalent

'''' : quadrivalent

 $\bar{x}$: moyenne

ext : extrêmes

I. — *Caractéristiques des géniteurs*

Malgré l'échantillonnage réduit, nous avons constaté, dans ces lignées VPM 1, une hétérogénéité qui apparaissait à la simple observation phénotypique. Elle pouvait porter sur la précocité d'épiaison, la hauteur des plantes, le port des feuilles, la pigmentation des anthères ou l'aristation. Ainsi quatre des huit numéros reçus de Versailles et les deux numéros venant de Clermont-Ferrand étaient en disjonction. Ceci peut s'expliquer par l'origine interspécifique de ce matériel (ce qui peut faire redouter une instabilité chromosomique), et également par l'hétérozygotie du matériel (huit années d'autofécondation seulement).

Sur vingt deux lignées isolées en 1969, treize se sont révélées significativement supérieures à « Cappelle » pour leur comportement vis-à-vis du Piétin-verse au stade plantule. L'étude portera donc uniquement sur ces treize lignées.

a) *Caractéristiques cytologiques.*

La première étape dans la connaissance de ce matériel consistait à vérifier si l'hétérogénéité constatée était en partie d'origine chromosomique. Quelques dénombrements chromosomiques ont été effectués en mitose. Sur un total de soixante plantes analysées, 49 étaient à $2n = 42$ chromosomes, 7 à $2n = 41$ et 4 à $2n = 43$. L'analyse du comportement méiotique de quelques-uns des aneuploïdes a montré qu'il s'agissait de monosomiques ou de trisomiques (tabl. 1). Le comportement méiotique des plantes à $2n = 42$ chromosomes est en général régulier ; il existe toutefois quelques anomalies. Grâce à des contrôles cytologiques périodiques, on a pu obtenir des lignées fixées à 42 chromosomes.

Afin de pouvoir utiliser ce matériel en sélection, il a semblé nécessaire de préciser la structure chromosomique de la lignée la plus résistante au Piétin-verse V.I.I.I.2 R 4. Celle-ci a été croisée avec la variété de Blé tendre « Chinese Spring » qui sert de référence pour l'étude des remaniements chromosomiques depuis les travaux de SEARS (1954), RILEY, COUCOLI et CHAPMAN (1967). L'analyse du comportement méiotique des hybrides réciproques (tabl. 2) a donné des éléments de réponse ; elle met en évidence une fréquence de 10 p. 100 des cellules présentant deux multivalents en métaphase I.

Deux types d'hypothèses peuvent expliquer ce phénomène. La première, la plus probable, est que la lignée V.I.I.I.2 R 4 diffère de « Chinese Spring » par des translocations : comme le nombre de translocations hétérozygotes chez un hybride est déterminé par le nombre maximal de multivalents par cellules (RILEY *et al.*, 1967), trois translocations différencieraient peut-être la lignée VPM de « Chinese Spring ».

Ces translocations pourraient venir des géniteurs de la variété « Marne » parent récurrent de VPM. En effet LAW (1971) a montré que deux des lignées parentes présentent des translocations par rapport à « Chinese Spring ». L'une d'elles, « V 27 », diffère de « Chinese Spring » par la translocation réciproque 5 B-7 B et l'autre, « Hybride du Jonquois », diffère de ce même blé par deux translocations réciproques 5 B-7 B et 3 B-3 D. Une analyse avec les lignées monosomiques de « Chinese Spring » devrait permettre de déterminer les chromosomes de VPM impliqués dans les translocations réciproques par rapport à « Chinese Spring ». Ces translocations viennent peut-être aussi des géniteurs de l'amphiploïde de départ : *Ae. ventricosa* et *T. persicum* ou de

TABLEAU 2

Comportement méiotique des hybrides entre la lignée VPM V.1.1.1.2 R 4 et « Chinese Spring ».
Pourcentage de cellules présentant des multivalents

	Nombre de plantes analysées	Nombre de cellules analysées	2n							Autre multivalent	Nombre de chiasmas par cellule	Pourcentage de cellules avec		
												1''' ou '''	2''' ou ''' ou autre multi- valent	3''' ou '''
V.1.1.1.2 R 4 × « Chinese Spring »	11	380	42	$\bar{x}$ 1,05 sx* 1,39 ext 0,7	18,40 1,11 15-21	3,16 1,70 0-8	15,24 1,12 9-19	0,12 0,37 0-2	0,91 0,44 0-2	0,02 0,14 0-1	39,94	80	9	2
« Chinese Spring » × V.1.1.1.2 R 4	8	235	42	$\bar{x}$ 0,88 sx 1,20 ext 0-6	18,57 0,90 16,21	3,12 1,83 0-10	15,45 1,94 8-21	0,07 0,28 0-2	0,91 0,43 0-2	0,02 0,14 0-1	37,58	82	9	0,4
V.1.1.1.2 R 4	3	170	42	$\bar{x}$ 0,22 sx 0,66 ext 0-4	20,80 0,50 19-21	1,45 1,28 0-7	19,34 1,39 13-21		0,04 0,33 0-1		40,25	4		
« Chinese Spring »	1	50	42	$\bar{x}$ 0 ext	21,00 21	1,46 0-5	19,54 16-21				40,54			

* sx = écart-type.

TABLEAU 3

*Comportement méiotique des hybrides réciproques
entre « Moisson » et « Chinese Spring » et des lignées parentales.
Pourcentage de cellules présentant des multivalents*

	Nbre de plantes analysées	Nbre de cellules analysées	2n			'' d	'' a	'''	''''	Autres multivalents	Nbre de chiasmas par cellule	Pourcentage de cellules avec		
												1''' ou ''''	2''' ou '''' ou autre multi-valent	3''' ou ''''
« Moisson » × « Chinese Spring »	11	367	42	$\bar{x}$ 0,60 sx 1,07 ext 0-7	18,01 1,35 13-21	2,43 1,48 0-6	15,58 1,40 10-20	0,17 0,45 0-3	1,14 1,72 0-3	0,05 0,22 0-1	38,22	55	34	0,04
« Chinese Spring » × « Moisson »	9	277	42	$\bar{x}$ 0,89 sx 1,34 ext 0-8	18,09 1,15 15-21	0,04 1,64 0-8	14,99 1,90 9-18	0,12 0,36 0-3	1,13 0,53 0-2		37,44	65	29	0,01
« Moisson »	5	220	42	$\bar{x}$ 0,15 sx 0,54 ext 0-2	20,92 0,27 20-21	1,85 1,37 0-7	19,07 1,37 14-21				39,96			
« Chinese Spring »	1	50	42	$\bar{x}$ ext	21,00 21	1,46 0-5	19,54 16-21				40,54			

« Chinese Spring ». LARSEN (1973) a montré que « Chinese Spring » différait du blé synthétique *T. turgidum* × *Ae. squarrosa* par une translocation réciproque 6 B-7 B. Il est donc possible que des translocations se manifestent chez VPM qui possède encore des chromosomes ou fragments de chromosomes de *T. Persicum* et d'*Ae. ventricosa*.

La deuxième hypothèse rejoint celle de SIDDQUI (1972) : il existe peut-être chez VPM des gènes d'*Ae. ventricosa* ayant une influence sur l'appariement des chromosomes.

La présence probable d'au moins deux translocations hétérozygotes chez les VPM par rapport à « Chinese Spring » n'est pas un inconvénient majeur pour leur utilisation en sélection. En effet, LARSEN (1973) a cité quinze variétés de Blé tendre qui diffèrent de « Chinese Spring » par une ou deux translocations. L'étude d'hybrides entre « Chinese Spring » et « Moisson » montre que cette variété présente au moins deux translocations par rapport à « Chinese Spring » (tabl. 3).

Le seul problème important pour l'utilisation de ce matériel en sélection est de le maintenir stable (autofécondation des lignées et contrôle cytologique du matériel).

b) Morphologie de ces géniteurs.

Les 13 lignées étudiées présentent, malgré quelques différences, un certain nombre de caractères communs permettant de les définir par rapport aux autres variétés de Blé tendre.

Les coléoptiles des jeunes plantules sont fortement anthocyanés, le port des plantes au tallage est demi-étalé, le nombre de talles formées est comparable à celui de « Cappelle », les feuilles sont larges, d'un vert franc. Chez la plupart des lignées, les anthères sont violettes. La paille est creuse, de diamètre élevé ; elle rougit très souvent avant maturité. Les épis sont longs, lâches et très aristés, leur couleur varie du blanc au roux clair (Pl. I, fig. 1), les enveloppes florales sont assez épaisses ce qui rend le battage difficile. Le nombre de grains par épillet est faible (tabl. 4).

TABLEAU 4

Comparaison des caractéristiques ⁽¹⁾ des épis d'une lignée de VPM et de « Cappelle »

Variétés	Longueur de l'épi (cm)	Nombre d'épillets par épi	Nombre d'épillets sur 10 cm	Nombre de grains par épillet
VPM V.1.1.1.2 R 4.2	11,05	20,5	18,6	2,47
« Cappelle »	10,45	23,0	22,0	3,04

⁽¹⁾ Les mesures sont faites sur 100 épis prélevés en pépinière (30 plantes par ligne de 1,50 m semées au 15 novembre 1972).

Le col de l'épi est très long, il représente 36 p. 100 de la hauteur totale contre 33 p. 100 chez « Cappelle ». La hauteur totale des plantes est très supérieure à celle des variétés classiques ; la longueur des tiges dépasse de 20 à 30 p. 100 celle de « Cappelle » (tabl. 5).

TABLEAU 5

Comparaison des hauteurs ⁽¹⁾ de la paille d'une lignée de VPM de « Cappel » et de « Capito »

Variétés	1971		1973	
	Hauteur moyenne (cm)	Écart-type	Hauteur moyenne (cm)	Écart-type
VPM V.1.1.1.2 R 4.2	121	6,5	126	7,0
« Cappel »	100	5,5	106	5,5
« Capito »	93	4,0	94	5,0

⁽¹⁾ Calculée sur 100 plantes provenant de pépinière en 1971 et d'essai (250 plantes au m²) en 1973.

c) *Physiologie et caractéristiques agronomiques.*

Les lignées sont de même précocité de montaison que « Cappel » mais, à l'épiaison, elles sont plus précoces de 3 à 5 jours (comme « Champlain »). L'accumulation de la matière sèche dans le grain se poursuit plus longtemps que chez la variété « Cappel » ce qui se traduit par un « palier de poids d'eau de grain » plus long et une maturité plus tardive (tabl. 6). Cette grande tardiveté à maturité semblait confirmer l'hypothèse de la liaison tardiveté-résistance au Piétin-verse.

TABLEAU 6

Caractéristiques du développement de la lignée VPM V.1.1.1.2 R 4.2 (année 1971)

Lignées	Montée 1 cm sur 50 p. 100 des plantes	Date épiaison	Début du palier de poids d'eau	Fin du palier de poids d'eau	15 p. 100 H ₂ O
VPM V.1.1.1.2 R 4.2 « Cappel »	8 mars 7 mars	1 ^{er} juin 4 juin	2 juillet 2 juillet	17 juillet 13 juillet	6 août 1 ^{er} août

Leur degré d'alternativité est voisin de celui de « Champlain », certaines lignées sont même un peu plus alternatives, pourtant leur résistance au froid est bien supérieure (tabl. 7).

La résistance au Piétin-verse de ces lignées est significativement plus élevée que celle de « Cappel » au stade plantule. Cette observation a d'ailleurs été confirmée par DEFOSSE à Gembloux (communication personnelle). Par contre, au stade adulte,

TABLEAU 7

Résistance au froid et précocité d'épiaison des lignées VPM en semis tardif

Lignées	Résistance au froid ⁽¹⁾	Précocité d'épiaison ⁽²⁾
V 1.1.1.1 R 3.2	4,5	— 4
V 1.1.1.2 R 4.2	6	— 4
V 1.1.2.1 R 2.2	6	— 4
V 1.1.2.1 R 5.1	7	— 4
C 1.1.2.4 R 6.3	6	0
C 1.1.2.4 R 25.2	7	— 2
V 1.1.2.4 R 2.3	7	— 2
V 1.1.3.3 R 3.1	6	+ 3
C 1.1.3.5 R 2.3	4	— 4
V 1.1.3.5 R 1.2	4,5	— 4
V 1.1.3.5 R 5.2	6	— 4
V 1.1.8.1 R 3.2	6	— 4
V 1.1.8.4 R 3.3	7	— 4
« Cappelle »	4,5	+ 8
« Champlein »	3	25 juin = 0
« Rex »	0	— 15
« Joss »	4	n'a pas épié

⁽¹⁾ La résistance au froid a été notée à Chaux-des-Prés au cours des campagnes 1971-1972 et 1972-1973.

Les notes de résistance au froid, par ordre croissant, sont les suivantes : « Rex » : 0 ; « Magali » : 2 ; « Champlein » : 3 ; « Cappelle » : 4,5 ; « Capitole » : 6 ; « Moisson » : 7,5 ; « Markus » : 9 ; « Cheyenne » : 10.

⁽²⁾ Pour un semis du 6 mars 1973, la date d'épiaison est comparée à celle de « Champlein » 25 juin. La différence est exprimée en jours, avant le 25 juin (signe —), après le 25 juin (signe +).

4 lignées sur les 13 analysées ne sont pas significativement supérieures à « Cappelle » (tabl. 8).

De plus, il faut noter le niveau élevé de résistance de la plupart de ces lignées vis-à-vis de l'Oïdium (*Erysiphe graminis*), des Rouilles (*Puccinia glumarum*, *Puccinia trititica*, *Puccinia graminis*) et également de la Septoriose provoquée par *Septoria nodorum* (tabl. 9).

La lignée VPM-V.I.I.I.2 R 4.1 ne permet pas une multiplication importante d'*Heterodera avenae*, nématode à kystes des racines des céréales et semble mieux se comporter que les variétés classiques aux attaques de Piétin-échaudage (*Ophiobolus graminis*). Par contre, ces lignées sont sensibles à la Fusariose provoquée par *Fusarium roseum*. On ne peut préciser actuellement si ce bon état sanitaire général est hérité de l'*Aegilops ventricosa* ou du *Triticum persicum* de départ.

L'origine de ces résistances ne met pourtant pas à l'abri des nouvelles races qui peuvent apparaître chez les parasites obligatoires (Oïdium, Rouilles). Ainsi, les VPM I qui avaient manifesté jusqu'en 1973 une résistance totale à l'Oïdium se sont révélées modérément sensibles à une nouvelle race apparue à Rennes et à Dijon.

TABLEAU 8

Comportement des lignées de VPM à l'égard du Piétin-verse

Lignées	Comportement au stade plantule			Comportement au stade adulte
	1970	1971	1973	1973
V 1.1.1.1 R 3.2.3	1,66	1,35	1,33	38,5*
V 1.1.1.2 R 4.1.8	1,44	1,35	1,43	32,2*
V 1.1.2.1 R 2.2.1	1,65	1,30	1,37	37,5*
V 1.1.2.1 R 5.1.9	1,65	1,10	1,39	32,5*
C 1.1.2.4 R 6.3.6	1,74	1,35	1,40	42,1
C 1.1.2.4 R 25.1.3	1,74	1,40	1,57	36,9*
V 1.1.2.4 R 2.3.8	1,94	1,40	1,58	37,9*
V 1.1.3.3 R 3.1.6	1,50	1,35	1,72	36,6*
C 1.1.3.5 R 2.3.3	1,50	1,40	1,39	36,5*
V 1.1.3.5 R 1.2.8	1,50	1,35	1,39	40,3
V 1.1.3.5 R 5.2.1	1,50	1,20	1,52	42,6
V 1.1.8.1 R 3.2.9	1,68	1,20	1,30	42,1
V 1.1.8.4 R 3.3.8	1,68	1,35	1,43	38,2*
« Cappelle »	2,15	2,25	2,56	47,5

L'importance de l'attaque est exprimée au stade plantule par le nombre moyen de gaines touchées par plante, au stade adulte par le pourcentage de plantes ayant plus de 50 p. 100 de la section de leur tige attaquée.

Les résultats marqués * au stade adulte sont significativement différents de « Cappelle ».

TABLEAU 9

Comportement des lignées de VPM à l'égard des principaux parasites
(note supérieure atteinte en pépinière depuis 1971)

	<i>Erysiphe graminis</i> ⁽²⁾	<i>Puccinia glumarum</i> ⁽²⁾	<i>Puccinia trititica</i> ⁽²⁾	<i>Puccinia graminis</i> ⁽²⁾	<i>Septoria nodorum</i> ⁽²⁾
VPM V.1.1.1.1 R 3.2	4	3	3	3	1,5
V.1.1.1.2 R 4.2	5	1	1	2	2
V.1.1.2.1 R 2.2	4	1	3	3	3
V.1.1.2.1 R 5.1	4	1	1	3	3,5
C.1.1.2.4 R 6.3	4	1	1	1	3
C.1.1.2.4 R 25.2	5	1	2	1	2
V.1.1.2.4 R 2.3	4	1	4	3	3
V.1.1.3.3 R 3.1	2	1	3	3	3
C.1.1.3.5 R 2.3	4	1	1	2	3
V.1.1.3.5 R 1.2	2	1	3	3	3
V.1.1.3.5 R 5.2	4	1	3	3	2,5
V.1.1.8.1 R 3.2	4	1	1	2	3,5
V.1.1.8.4 R 3.3	4	1	3	2	3,5
Témoins :					
« Cappelle »	7	6	5	7	6
<i>T. persicum</i> 124 ⁽¹⁾	2	1	1	3	—
<i>Ae. ventricosa</i> 10	1	1	3	1	—
« Marne »	5	5	4	6	5

⁽¹⁾ Lignée supposée être dans la généalogie de VPM.

⁽²⁾ On a noté l'absence : 1, ou l'importance de l'attaque du parasite : de 2, quelques traces, à 9, surface de l'organe complètement recouverte.

Ce nouveau biotype n'attaque pas la lignée d'*Aegilops ventricosa* de départ : on peut donc penser que la résistance à l'Oïdium des VPM venait du géniteur *Triticum persicum*.

En raison de leur extrême sensibilité à la verse, qui est au moins égale à celle des variétés cultivées en France au début du siècle (Blé de Noë), il est difficile de déterminer la productivité des VPM. Cependant, la faible fertilité d'épi et le tallage moyen laissent supposer qu'elle ne peut être élevée malgré un grain légèrement plus gros que celui de « Cappelle ». Toutefois, dans un essai à Rennes où l'attaque des parasites avait été très forte (Piétin, Oïdium, Septoriose) et la verse tardive, le rendement de la lignée V.I.I.I.2 R 4.2 a égalé celui de « Hardi » et dépassé significativement celui de « Cappelle ».

En ce qui concerne les caractéristiques technologiques, les analyses effectuées sur la récolte 1972 ⁽¹⁾ montrent que les lignées VPM sont supérieures ou égales aux témoins « Cappelle » et « Hardi » aussi bien pour la teneur en protéines que pour les résultats du test Zeleny et de l'alvéographe Chopin (tabl. 10).

TABLEAU 10

Résultats indicatifs d'analyses concernant les facteurs de la qualité technologique des lignées VPM (Récolte 72)

Lignées	N × 5,7	Zeleny	W	P	G	P/L
VPM V.1.1.1.1 R 3.2	16,6	33	159	45	29,2	0,25
V.1.1.1.2 R 4.2	16,2	31	177	47	30,0	0,20
V.1.1.2.1 R 2.2	16,0	32	174	53	29,0	0,30
V.1.1.2.1 R 5.1	16,0	33	162	46	30,0	0,20
C.1.1.2.4 R 6.3	16,5	31				
C.1.1.2.4 R 25.2	17,2	34	154	44	30,0	0,20
V.1.1.2.4 R 2.3	17,3	35				
V.1.1.3.3 R 3.1	16,0	30	156	48	27,3	0,30
C.1.1.3.5 R 2.3	15,8	31	175	53	27,5	0,35
V.1.1.3.5 R 1.2	15,8	31	162	45	30,0	0,20
V.1.1.3.5 R 5.2	15,1	29	160	48	28,0	0,25
V.1.1.8.1 R 3.2	15,1	30	138	45	27,4	0,30
V.1.1.8.4 R 3.3	15,9	31	132	50	26,2	0,35
Témoins :						
« Cappelle »	12,4	23	87	43	22,8	0,40
« Hardi »	10	23	137	51	21,4	0,55

Depuis les travaux de N. MAÏA (1967) et jusqu'à un passé récent, ce matériel a été très peu utilisé dans les programmes de sélection :

- Il présentait encore, pour différents caractères et même pour la résistance au Piétin-verse, une variabilité gênante pour le choix des lignées à croiser.
- Son origine faisait craindre des difficultés d'utilisation.
- Il possède des défauts majeurs évidents : manque de productivité, sensibilité à la verse et maturité tardive.

⁽¹⁾ Analyses effectuées par le laboratoire de Technologie des Blés de Paris (M. GODON), et le laboratoire d'analyses de Chartres (M. ROBICHET).

De plus, il est surtout connu comme géniteur de résistance au Piétin-verse. Or, comme nous venons de le voir, son intérêt débord largement ce domaine. C'est pour quoi nous avons tenté de connaître l'intérêt pratique que pourrait présenter le géniteur VPM I en hybridation intraspécifique et après traitement mutagène.

II. — Possibilités d'utilisation des VPM

a) Comportement des VPM en hybridations intraspécifiques.

Avec la plupart des géniteurs, les lignées VPM donnent des F_1 normalement fertiles ; toutefois, on a constaté des cas de stérilité mâle complète ou partielle lors de croisement réciproques avec des lignées demi-naines. Cette stérilité mâle n'est donc pas d'origine cytoplasmique.

Une étude de la méiose a été réalisée afin de situer à quel niveau a lieu la dégénérescence des cellules mères du pollen. Le comportement méiotique des hybrides, qu'ils soient stériles ou non, est identique (tabl. 11). La méiose est suffisamment régulière pour ne pas induire de stérilité chromosomique (Pl. I, fig. 2). La présence de trivalents ou de quadrivalents indique que la plupart des lignées utilisées dans les croisements avec VPM diffère de celui-ci par au moins une translocation. L'observation des stades post-méiotiques dans les étamines de plantes mâle-stériles d'une F_3 a montré que la dégénérescence des grains de pollen se situait au niveau de la première mitose pollinique (tabl. 12). A l'anthèse 96 p. 100 des grains de pollen sont anormaux (Pl. II, fig. 1).

TABLEAU 12

Étude du pollen d'une F_3 issue du croisement VPM C.1.1.2.4 $\times$ V.4.8.1.10
(Géniteur I. N. R. A.)

Stade	Nombre de grains de pollen observés	Grains vides de petit diamètre (p. 100)	Grains à cytoplasme dense (p. 100)	Grains à 1 noyau (p. 100)	Grains de pollen à 2 noyaux (p. 100)
Étamines vertes	100	6	4	90	1
Pollen avant l'épiaison	500	9	9	81	
Pollen à l'épiaison	200	74	14	12	
Pollen avant l'anthèse	200	77	19	4	
Pollen à l'anthèse	200	76	20	4	4
Étamines sorties indéhiscents	100	87	5	4	

Lorsque la fertilité des F_1 est partielle, on observe des disjonctions pour ce caractère dans les générations ultérieures et l'on peut sélectionner des lignées parfaitement fertiles.

La F_1 (VPM I $\times$ « Aurora ») montre au stade plantule un comportement à l'égard du Piétin-verse plus proche de VPM que celui d'« Aurora ». Par contre, au stade adulte, l'hybride est intermédiaire entre les deux parents.

L'observation des descendance F_2 d'hybrides réciproques entre VPM V.1.1.1.2 et huit variétés d'origine génétique très diverse apporte des informations complémentaires (tabl. 14).

TABLEAU I3

Analyse du comportement de la F_1 (VPM V.1.1.1.2 R 4.2 $\times$ « Aurora ») vis-à-vis du Piétin-verse

	Comportement au stade plantule	Comportement au stade adulte
♀ VPM V.1.1.1.2 R 4	0,94	15,0
♂ « Aurora »	2,69*	67,4*
F_1 (VPM V.1.1.1.2 R 4 $\times$ « Aurora ») ..	1,12	39,5*
CVM (%)	14,2	17,0
p.p.d.s.	0,19	5,7

Les résultats marqués * sont significativement différents de VPM V.1.1.1.2 R 4.

TABLEAU I4

Comportement vis-à-vis du Piétin-verse des F_2 entre VPM V.1.1.1.2 R 4 et huit lignées

Lignées	Pays d'origine	Stade plantule			Stade adulte		
		Valeur de la lignée	F_2 avec VPM comme ♀	F_2 avec VPM comme ♂	Valeur de la lignée	F_2 avec VPM comme ♀	F_2 avec VPM comme ♂
VPM V.1.1.1.2 R 4.2		0,88			26,3		
« Jufy »	Belgique	2,54	1,11*	2,08	53,9	34,2*	46,0
« Aurora »	U. R. S. S.	2,92	1,44*	2,21	54,1	36,0	43,6
« Dreadnought »	Nouvelle-Zélande	2,30	1,31	1,58	51,2	43,6	40,5
« Redon M 4 »	Blé de pays-France	2,42	1,45	1,43	56,2	35,9	46,7
Son 64-An 64 A	Mexique	2,27	1,26	1,06	45,0	43,7	39,3
« Cappelle »	France	2,02	1,33	1,21	36,3	26,4	24,6
« Heine VII »	Allemagne	2,41	1,54	1,70	43,1	35,3	36,9
US.60 (43)	U. S. A.	2,56	1,54	1,86	62,8	44,9	45,3
Moyenne		2,43	1,32	1,56	50,33	37,50	40,4
Coefficient de variation (%)		12,5			21,6		
p.p.d.s. à p 0,05		0,35			11,4		

* Indique les F_2 significativement différentes suivant le sens du croisement.

Pour les croisements avec « Jufy » et « Aurora », on observe, en moyenne, au stade plantule, une résistance plus grande quand VPM est utilisé comme femelle. Au stade adulte, on retrouve le même phénomène pour le croisement avec « Jufy ». Il semble donc que le cytoplasme de VPM qui est celui d'*Ae. ventricosa*, favorise, dans certains cas, l'expression de la résistance.

b) *Utilisation du VPM comme géniteur dans le croisement (VPM $\times$ « Moisson »).*

L'utilisation des VPM en sélection a commencé dès 1965 avec le croisement (VPM $\times$ Moisson) fait par N. MAÏA. Il s'agissait d'essayer de rompre la liaison tardiveté-résistance au Piétin-verse et d'améliorer les VPM en les raccourcissant, en augmentant leur productivité tout en conservant leur bon état sanitaire général. Le partenaire choisi a été « Moisson », la meilleure variété courte et précoce du moment.

1. *Conduite de la sélection.*

Les descendances des neuf plantes F_1 ont subi à Versailles une sélection massale, pendant deux années, en terrain infecté artificiellement. Le matériel a été repris en sélection généalogique à l'automne 1968 et réparti entre les stations d'Amélioration des Plantes de Rennes et de Dijon. Après deux années de sélection séparée (F_4 et F_5), les familles retenues ont été réunies à nouveau en deux pépinières identiques dans ces stations où, depuis, une seule sélection est effectuée d'après les notations de Rennes et de Dijon. La double implantation s'est révélée très efficace : à Rennes, le choix s'est fait surtout sur l'état sanitaire et à Dijon sur la valeur agronomique en général (hauteur, précocité, fixité).

En 1972 et 1973, une série d'essais comparatifs a mis en évidence les lignées les plus productives. Le croisement est maintenant en F_9 et les lignées suffisamment homogènes pour qu'on puisse porter sur elles un jugement sûr.

2. *Caractéristiques des lignées issues de l'hybride (VPM $\times$ « Moisson »).*

La précocité d'épiaison de la plupart des lignées est voisine de celle de « Capitole ». Quelques-unes, plus tardives, ont été conservées en raison de l'intérêt qu'elles présentent sur le plan de l'état sanitaire.

Un raccourcissement très net a été obtenu. Mais, à trois exceptions près : D 1.5.2.6.4.1, R 4.1.2.3.3.11 et R 9.5.1.2.2.15, la taille est rarement inférieure à celle de « Champlein ». Il ne s'agit donc pas de blés « courts » ; cependant leur résistance à la verse est de l'ordre de celle de « Champlein » (tabl. 15).

En ce qui concerne le rendement, les lignées retenues sont supérieures au parent « Moisson » ; au cours des deux années d'essais à Rennes et à Dijon, elles se sont même montrées plus productives que la moyenne des trois témoins : « Joss », « Capitole » et « Champlein ». Cette supériorité est surtout manifeste à Rennes à cause de l'importance des maladies qui sévissent chaque année.

Cependant, pour les lignées les plus productives, l'expérimentation a été étendue à d'autres régions de France et a permis de confirmer le bon niveau de productivité atteint par ces lignées.

La résistance au froid se situe au niveau de « Moisson », mais dans quelques familles, des transgressions plus résistantes ont même été obtenues.

Le maintien de la résistance au Piétin-verse était l'objectif principal. En 1969 et 1970, la sélection pour ce caractère a été faite simultanément à Colmar et à Rennes, en terrain naturellement infesté. A partir de 1970, le comportement a été régulière-

TABLEAU 15

Caractéristiques des lignées (VPM × « Moisson »)

	Précocité d'épiaison ⁽¹⁾	Hauteur en cm moyenne de 4 essais	Sensibilité à la verse moyenne de 4 essais	Note de résistance au froid Chaux des Prés 3 ans ⁽²⁾	Rendements relatifs Témoin : 1/3 (« Joss » + « Capitole » + « Champlein »)				
					Dijon 1972	Rennes 1972	Dijon 1973	Rennes 1973	Moyenne
D 1.5.2.6.4.1	0	97	4,5	8	96,7	115,6	—	140,1	115,6
D 1.5.2.8.3.5	+ 1	102	4,5	8	80,6	115,5	96,7	129,4	105,3
D 3.4.4.19.3.3	+ 4	109	5,5	9	88,5	100,9	100,1	107,3	98,8
D 3.5.4.2.7.2	+ 7	110	4	9	86,1	91,7	101,9	111,2	96,8
R 4.1.2.2.5.6	+ 6	108	7,5	7,5	90,8	109,9	101,0	118,2	104,7
R 4.1.2.2.11.6	+ 6	109	8	7,5	90,8	109,9	96,5	116,8	103,5
R 4.1.2.3.3.11	0	95	2,5	7,5	90,8	109,9	101,9	136,8	109,3
R 4.1.4.2.5.13	+ 3	105	6	6,5	—	—	92,4	119,9	107,2
R 4.2.16.1.10.5	— 1	100	6	9	87,0	108,7	97,6	127,2	104,8
D 6.5.9.15.2.2	+ 1	102	6	7,5	92,0	120,2	—	144,6	116,8
R 8.3.2.3.10.10	+ 2	108	6	8,5	92,9	110,1	91,6	116,6	103,1
R 8.3.11.4.8.2	— 1	102	2	7	96,9	114,9	—	153,6	119,1
R 9.5.1.2.2.15	0	96	6	6,5	90,5	113,8	—	141,0	113,0
R 9.9.1.2.4.2	— 1	107	5	8	80,8	113,8	88,4	121,5	98,9
R 9.9.1.2.11.3	— 2	110	5,5	8	80,8	105,4	79,4	135,0	100,3
« Capitole »	28 mai = 0	96	5	6	65,6 qx	72,8 qx	45,5 qx	49,8 qx	100 = 57,6 qx
« Champlein »	+ 5	101	5,5	3	65,1 —	70,3 —	46,4 —	51,3 —	
« Joss »	+ 8	100	6	4	67,1 —	57,1 —	48,3 —	51,2 —	
VPM	+ 10		7						

⁽¹⁾ La date d'épiaison est comparée à celle de « Capitole ». La différence est exprimée en jours, avant le 28 mai signe —, après le 28 mai signe +.⁽²⁾ Voir échelle tableau 7.

TABLEAU 16

Comportement des lignées (VPM $\times$ « Moisson ») à l'égard de quelques parasites (¹)

	<i>Cercospora herpotrichoides</i> (Stade adulte)			<i>Erysiphe graminis</i> 72 et 73 Rennes Dijon	<i>Puccinia glumarum</i> 72 et 73 Rennes	<i>Puccinia triticina</i> 72 et 73 Rennes	<i>Puccinia graminis</i> 72 et 73 Rennes Dijon	<i>Septoria nodorum</i> 1972 et 1973, Rennes			
	1972	1972	1973					feuilles	gaines	nœuds	épis
D 1.5.2.6.4.1		17,0*	34,7	4	3	1	1	6,5	5,5	2	4,5
D 1.5.2.8.3.5		16,6*	31,2*	3	1	1	1	6	5	2	4,5
D 3.4.4.19.3.3		7,1*	32,3*	2	1	1	1	6	5	2	3,5
D 3.5.4.2.7.2		7,5*	35,3	6	4	5	6	5,5	4	2	3,5
R 4.1.2.2.5.6	26,5*	6,4*	31,7*	4	1	1	1	3,5	3	1	3
R 4.1.2.2.11.6	26,5*	6,4*	22,9*	3	1	1	1	4	3,5	1	3
R 4.1.2.3.3.11	26,5*	—	30,4*	2	1	1	1	5	4,5	2	3,5
R 4.1.4.2.5.13	22,2*	—	27,8*	3	1	1	3	5	4	1	4
R 4.2.16.1.10.5	19,8*	14,9*	25,9*	3	1	1	2	5,5	3,5	1	4
D 6.5.9.15.2.2	—	19,9*	35,7	2	1	1	1	5	4,5	1	3,5
R 8.3.2.3.10.10	26,2*	—	30,3*	3	1	1	1	4	3,5	1	2,5
R 8.3.11.4.8.2	29,7*	21,4*	27,1*	3	1	1	1	5,5	4,5	2	4
R 9.5.1.2.2.15	24,3*	13,0*	25,2*	3	1	1	1	4,5	3,5	1	4
R 9.9.1.2.4.2	33,8*	18,9*	27,3*	3	1	1	1	6	5	2	4
R 9.9.1.2.11.3	33,8*	18,9*	26,1*	3	1	1	2	5,5	4	2	4
« Capitole »				5	4	3	2	6,5	5	5	4,5
« Champlain »	75,6			4	3	4	4	4,5	4	2	4
« Joss »				6	1	4	4	5	4	2	4
VPM	29,2*	15,4*	35,2	3	1	2	2	3,5	3	1	3
« Cappelle »	51,3	34,0	46,2								

* Significativement supérieur à « Cappelle ».

⁽¹⁾ Note maximale observée au cours de la période de référence.

ment apprécié à Rennes par des techniques plus précises. Cela a conduit à la sélection de lignées, qui, quelle que soit leur précocité, sont, pour la plupart, aussi résistantes que VPM, donc, significativement supérieures à « Cappelle » (tabl. 16).

Le géniteur VPM a également transmis à sa descendance la résistance à plusieurs autres maladies : Rouilles brune et jaune en particulier. Une tolérance certaine à la Septoriose (*Septoria nodorum*) s'y retrouve également, malgré la réduction de la taille, alors qu'on observe généralement une sensibilité accrue à *S. nodorum* chez les Blés à paille courte.

La qualité technologique (tabl. 17) est d'un niveau général voisin de « Capitoile ». Plusieurs lignées la dépassent même pour le W avec une teneur en protéines généralement plus élevée.

Enfin, il faut signaler que ces lignées ont une stabilité chromosomique suffisante pour être considérées comme fixées pour ce caractère, (Pl. II, fig. 2) bien qu'elles n'atteignent pas la régularité du comportement méiotique de « Moisson » (tabl. 18). Il subsiste cependant quelques anomalies chromosomiques qui se traduisent par des plantes plus chétives. Par exemple, en F_7 , dans la descendance de la lignée 4.2.16.1.4, on a trouvé des monosomiques et des nullisomiques. Il semble donc utile d'effectuer un contrôle cytologique en fin de sélection, et d'éliminer sévèrement à chaque génération tous les phénotypes anormaux observés en pépinière.

Le croisement (VPM $\times$ « Moisson ») a abouti en définitive à l'obtention d'un matériel intéressant par sa résistance au Piétin-verse, son très bon état sanitaire général et sa bonne productivité.

Ces lignées ont, en outre, l'avantage de ne posséder aucun défaut majeur. On peut dire que, d'une façon générale, les objectifs fixés au départ ont été atteints.

c) Utilisation du VPM en mutagenèse.

L'expérience réalisée en mutagenèse à partir de 1967 a porté sur un mélange de grains issus de plusieurs lignées. Elle visait essentiellement l'obtention de plantes plus courtes et plus précoces que VPM et ayant conservé sa résistance au Piétin-verse.

Deux traitements mutagènes ont été appliqués à deux lots de 1 500 grains :

- Un traitement au méthylsulfonate d'éthyle (MSE) par trempage dans une solution aqueuse, à raison de 3 grammes de MSE par litre.
- Un traitement aux rayons γ du cobalt 60 à la dose d'exposition de 15 kR (débit de dose 16 300 R/heure).

La génération M_1 cultivée sous abri plastique a fourni environ 65 000 plantes M_2 . A partir de cette deuxième génération, le matériel a subi une sélection généalogique dont les principaux critères étaient : la paille courte, la précocité, le poids de 1 000 grains, la résistance au Piétin-verse. En M_2 , après élimination des plantes aberrantes (naines, très tardives ou à épi très compact), 390 plantes ont été sélectionnées pour leur paille relativement courte. Leur hauteur variait de 80 à 120 cm alors que celle du témoin était en moyenne de 137 cm. Les deux tiers des plantes provenaient du lot traité au MSE. Plusieurs lignées présentaient des plantes plus précoces.

Au cours de la M_3 et des générations suivantes, les lignées sélectionnées à la Station de Dijon dans des conditions de faible infection au Piétin-verse, étaient analysées à la Station de Rennes pour leur résistance à ce parasite.

TABLEAU I7

Qualité technologique des lignées (VPM × Moisson)

	W			Indice Pelshenke Dijon 3 ans	Zeleny		Panification française Rennes 73		Protéines p.100 MS (N × 5,7)	
	Dijon 72	Rennes 72	Rennes 73		Rennes 72	Rennes 73	volume	classe valeur	Rennes 72	Rennes 73
D 1.5.2.6.4.1	107	110		61						
D 1.5.2.8.3.5	112	100	154	70						
D 3.4.4.19.3.3	102	86	153	39						
D 3.5.4.2.7.2	106	92	148	62						
R 4.1.2.2.5.6	134	110	156		33				14,2	
R 4.1.2.2.11.6	134	110	179		33				14,5	
R 4.1.2.3.3.11	—	—	182		38				14,2	
R 4.1.4.2.5.13	—	—	196		33				13,5	
R 4.2.16.1.10.5	138	100	153		35	46	690	6 (très élevée)	14,7	13,95
D 6.5.9.15.2.2	98	108	187	55						
R 8.3.2.3.10.10	54	46	65		8				13,9	
R 8.3.11.4.8.2	66	70	126		26	32	620	5 (élevée)	13,1	12,9
R 9.5.1.2.2.15	82	61	96		22	28	448	2 (passab.)	14,5	14,0
R 9.9.1.2.4.2	104	100	177		30				14,1	
R 9.9.1.2.11.3	104	100	171		32				14,7	
« Capitole »	105	108	154	96	33	57	528	4 (bonne)	12,1	13,6
« Champlein »	83	45	86							
« Joss »	69	58	96							
VPM		160								
« Cappelle »		87	133	43	23				12,4	

TABLEAU 18

Comportement méiotique de quelques lignées VPM $\times$ « Moisson »

Lignée	Nombre de plantes analysées	Nombre de cellules analysées	2n	'	"	" d	" a	'''	''''	Nombre de chiasmata/ cellule
VPM $\times$ « Moisson » 4.2.16.1.10.5	12	753	42	$\bar{x}$ 0,53 $\overline{sx}$ 1,04 ext 0-6	20,62 0,70 18-21	2,33 1,68 0-9	18,15 1,89 10-21	0,005 0,07 0-1	0,50 0,69 0-1	33,94
VPM $\times$ « Moisson » 9.5.1.2.2.15	9	521	42	0,13 0,52 0-5	20,81 0,41 18-21	1,54 1,32 0-8	19,30 1,27 12-21	0,011 0,10 0-1	0,011 0,10 0-1	40,30
VPM $\times$ « Moisson » 8.3.11.4.8	4	170	42	1,59 1,63 0-6	20,18 0,08 18-21	4,92 1,84 1-10	15,26 2,10 9-20	0,006 0,08 0-1	0,006 0,08 0-1	35,48
VPM $\times$ « Moisson » 8.3.11.4.8.2.5	9	416	42	0,65 1,13 0-6	20,59 0,68 18-21	3,24 1,98 0-12	17,35 2,06 8-21	0,004 0,06 0-1	0,036 0,19 0-1	38,08
VPM $\times$ « Moisson » 8.3.11.4.8.2.7	12	590	42	0,43 0,93 0-6	20,68 0,64 17-21	2,94 1,84 0-12	17,74 2,02 7-21	0,033 0,18 0-1	0,05 0,21 0-1	38,59
« Moisson »	5	220	42	0,15 0,54 0-2	20,92 0,27 20-21	1,85 1,37 0-7	19,07 1,37 14-21			39,99
VPM	4	220	42	0,32 0,83 0-4	20,33 1,01 17-21	1,89 1,65 0-9	18,44 1,27 10-21	0,009 0,09 0-1	0,25 0,44 0-2	39,64

Les observations en pépinière ont ainsi conduit à retenir, au niveau de la M_5 , une trentaine de lignées mutantes plus courtes que le témoin VPM, moins sensibles à la verse, plus précoces et dont la résistance au Piétin-verse était égale ou supérieure à celle du matériel de départ.

La stabilité chromosomique de ces lignées n'est pas encore parfaite, un sondage effectué dans six familles ayant révélé un certain taux d'aneuploïdes. Sur 50 plantes analysées, 4 étaient à $2n = 41$ chromosomes.

TABLEAU 19

Comportement des mutants de VPM

Lignées mutantes et variétés	Rdt qx/ha		Précocité d'épiaison (¹)	Hauteur en cm	Piétin-verse (²)		Protéines p. 100 MS (N × 5,7)	W	P	G	P/L
	Dijon	Rennes			(a)	(b)					
23.1 a-3	36,3		— 8	90	1,89-		17,40	171	50	26,8	0,35
80.3-10	37,5		— 5	86	2,44-		19,35	263	72	26,7	0,50
812.1 a-3	42,1		— 5	88	1,44		15,40	254	57	26,5	0,40
812.2-R 2	42,0	50,1	— 3	93		1,98-	15,55	250	73	23,0	0,70
1320-2-4	36,0		— 3	93	0,80+		—	—	—	—	—
1320-3-3	39,6		— 5	90	0,80+		17,30	222	61	27,6	0,40
1375.4 R 1	41,7	64,7*	— 6	87		1,38	17,10	204	51	27,8	0,30
1395 1 a-5	46,0		— 6	90	2,37-		17,40	169	53	24,8	0,45
1397-7-1	37,1		— 4	92	0,03		17,40	170	46	28,4	0,25
1443-1-3	40,9		— 7	87	0,91+		15,80	238	54	28,2	0,30
1443-1-R 1	41,9	66,6*	— 7	93		1,49	16,35	186	47	27,4	0,30
1443-1-R 2	41,9	67,8*	— 8	91		1,58	—	—	—	—	—
1443-1-R 4	41,1	58,5*	— 6	90		0,53	—	—	—	—	—
1443-1-R 5	39,8	58,2*	— 6	90		0,37	—	—	—	—	—
1574-1-3	40,9		— 6	87	0,73		16,90	222	55	27,3	0,35
1574-1-R 2	41,6	59,4*	— 5	92		1,40	16,30	236	57	26,3	0,40
2304-1-8	39,4		— 6	93	1,39		17,20	277	62	27,1	0,40
« Joss »	48,3	48,6	0 = 5 juin	88			14,60	132	39	24,8	0,30
« Capitole »	45,5	50,1	— 5	85			15,25	239	53	26,9	0,35
« Champlein »	46,4	51,6	— 3	93			15,00	172	42	28,1	0,23
« Cappelle »					1,52	2,54					
VPM témoin					1,36	1,43					

Les résultats sont tirés d'un micro-essai réalisé à Dijon en 1973.

Les rendements obtenus dans un micro-essai à Rennes ont été ajoutés.

Les variétés marquées * sont significativement supérieures à « Capitole ».

(¹) Nombre de jours avant la date d'épiaison de « Joss » (5 juin).

(²) Notation au stade plantule = Nombre moyen de gaines pénétrées par plante

(a) résultats pour les lignées mutantes suivies à Dijon.

(b) résultats pour les lignées mutantes suivies à Rennes.

+ : Lignées ayant un comportement significativement supérieur à celui de VPM témoin ;

- : Lignées ayant un comportement significativement inférieur à celui de VPM témoin.

Ces lignées ont fait l'objet en 1973 de micro-essais dont les résultats sont donnés au tableau 19. Certaines d'entre elles sont plus précoces que « Capitole » sans que leur résistance au Piétin-verse soit atténuée. Cette résistance est particulièrement satisfaisante pour les mutants 1574-1-3, 1443-1-3 et 1320-3-3. Dans l'essai de Dijon, le ren-

dement des meilleurs lignées atteint environ 90 p. 100 du rendement moyen des témoins ; seule la lignée 1395-1a-5 a un rendement équivalent à celui des témoins sans toutefois atteindre le niveau des meilleures lignées du croisement (VPM $\times$ « Moisson »).

Enfin les caractéristiques technologiques de certaines lignées en 1973 sont meilleures que celles du témoin « Capitole ». Ainsi, le mutant 80.3.10 montre une teneur en protéines totales élevée ; le mutant 2304.1.8 présente un fort W et le mutant 812.2 R.2 un rapport P/L très élevé.

Ces premiers résultats d'essais comparatifs confirment dans une large mesure les observations faites en pépinière au cours des trois dernières générations. Les traitements mutagènes ont donc permis d'obtenir, à partir de l'hybride initial VPM 1, des lignées mutantes relativement courtes, assez précoces et de bonne résistance au Piétin-verse (tabl. 18). Ces lignées ont, en l'absence de maladies, une productivité plus faible que celle des meilleures variétés actuelles. Toutefois, par leurs caractéristiques agronomiques et technologiques, leur bon comportement à l'égard des Rouilles, du Fusarium et du Piétin-verse, elles constituent une étape très appréciable dans la création de variétés nouvelles.

Par ailleurs, cette expérience montre un des rôles que peut jouer la mutagenèse au niveau des hybridations interspécifiques. Il est évident qu'il y a intérêt à appliquer les traitements mutagènes le plus tôt possible après hybridation. Dans l'exemple présent où l'objectif précis de l'hybridation était de transférer la résistance au Piétin-verse de l'*Aegilops* sur un Blé tendre, les traitements mutagènes appliqués sur l'hybride résultant du croisement de l'amphiploïde par la variété « Marne » aurait présenté un double avantage. Ils auraient permis de créer plus rapidement des plantes courtes. De plus, il est vraisemblable que l'action des agents mutagènes auraient provoqué des translocations entre les chromosomes d'*Aegilops* et ceux des Blés.

CONCLUSION

Le géniteur VPM 1 apporte des gènes nouveaux et importants de résistance aux parasites pour l'amélioration de l'état sanitaire du Blé tendre.

Outre le Piétin-verse pour lequel il a été sélectionné, il présente des caractéristiques intéressantes pour la résistance aux Rouilles et à la Septoriose provoquée par *Septoria nodorum*.

Ce niveau de résistance a été maintenu chez les lignées mutantes de VPM, tout en améliorant certaines caractéristiques agronomiques telles que la résistance à la verse et la précocité.

Les caractéristiques de résistance ont été également conservées dans les lignées issues du croisement (VPM $\times$ « Moisson »). Cependant, malgré l'amélioration très nette de la valeur agronomique, surtout de la productivité, on peut craindre dans ces lignées une perte partielle des gènes intéressants, ce qui risque de s'accroître dans les croisements ultérieurs. Les lignées de (VPM $\times$ Moisson) en tant que géniteurs pourraient donc présenter moins d'intérêt que le VPM lui-même ou les mutants qui en sont issus. L'expérience a montré qu'en un seul cycle de sélection, les caractères intéressants des VPM 1 ont pu être transmis à des variétés cultivables. Ce résultat

risque d'être encore meilleur en choisissant, parmi les variétés actuelles, des partenaires plus intéressants que « Moisson ».

L'introgression partielle de la résistance au Piétin-verse d'*Aegilops ventricosa* laisse par ailleurs espérer que, par des méthodes cytogénétiques telles que l'induction de recombinaisons entre chromosomes homéologues ou avec l'aide de la mutagenèse, il sera possible de transférer la totalité des résistances d'*Aegilops ventricosa* au Piétin-verse et à d'autres parasites. Ces gènes nouveaux dans l'espèce Blé tendre sont d'une grande utilité en Amélioration des Plantes, même s'ils ne confèrent pas, dans les cas des Rouilles et de l'Oïdium, une résistance absolue vis-à-vis de toutes les races de ces parasites.

Reçu pour publication en janvier 1974.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement toutes les personnes qui ont contribué à ce travail et toutes celles qui nous ont aidé à sa rédaction.

Nous remercions en particulier Nicole MAÏA, J. PONCHET et M. ROUSSET qui ont accepté d'être les lecteurs de cet article et nous ont apporté leurs critiques constructives.

SUMMARY

THE USE OF VPM I PARENTS IN IMPROVING DISEASE RESISTANCE IN WHEAT

The parent VPM I [(*Ae. ventricosa* × *T. persicum*) × *T. aestivum* cv. « Marne »³] presents the highest level of resistance to Eyespot known amongst wheats.

By hybridization with the « Moisson » variety or by the action of mutagenic treatments, stock was obtained from VPM that is earlier and shorter and therefore has a higher resistance to lodging and a yield equal on average to that of existing controls.

This material presents, furthermore, acceptable technical qualities and general disease resistance superior to that of all other existing varieties.

In a single selection cycle after hybridization, the use of this parent made it possible to equal the best wheats cultivated in France at the present time.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DOUSSINAULT G., 1970. Problèmes posés par l'Amélioration de la résistance du Blé tendre vis-à-vis du Piétin-verse (*Cercospora herpotrichoides* FRON). *Ann. Amélior. Plantes*, **20** (4), 433-452.
- DOUSSINAULT G., 1973. Comportement de 12 variétés de Blé tendre vis-à-vis du Piétin-verse (*Cercospora herpotrichoides* FRON). *Ann. Amélior. Plantes*, **23** (4), 333-346.
- KIMBER G., 1967. The incorporation of the resistance of *Aegilops ventricosa* to *Cercospora herpotrichoides* into *Triticum aestivum*. *J. agric. Sci.*, **68**, 3, 373-376.
- LARSEN J., 1973. The role of chromosomal interchanges in the evolution of hexaploid wheat, *Triticum aestivum*. *Proc. Fourth Intern. Wheat Genetics Symposium* Missouri agric. exp. Stat. Columbia, 87-93.
- LAW C. N., 1971. Co-operative projects. *E. W. A. C. Newsletter*, **3**, 45-46.
- MAÏA N., 1967. Obtention de Blés tendres résistants au Piétin-verse (*Cercospora herpotrichoides*) par croisements interspécifiques. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **53**, 2, 149-154.

- PONCHET J., 1959. La maladie du Piétin-verse des céréales (*Cercospora herpotrichoides* FRON). Importance agronomique, biologie, épiphytologie. *Ann. Épiphyties*, **10**, 45-98.
- RILEY E., COUCOLI H., CHAPMAN V., 1967. Chromosomal interchanges and the phylogeny of wheat. *Heredity*, **22**, 233-248.
- SEARS E. R., 1954. The aneuploids of common wheat. *Missouri agric. Exp. Stn. Res. Bull.*, **572**, 29 p.
- SIMONET M., 1957. Hybrides interspécifiques et intergénériques. *Ann. Amélior. Plantes*, **4**, 395-411.
- SIDDIQUI K. A., 1972. The influence of the B genome on chromosome pairing in trigenic *Aegilops* × *Triticum* × *Secale* hybrids. *Hereditas*, **70**, 97-104.
- SPRAGUE R., 1936. Relative susceptibility of certain species of Graminae to *Cercospora herpotrichoides*. *J. agric. Res.*, **53**, 659-670.

PLANCHE I

FIG. 1

Épis et grains d'une lignée VPM × « Moisson » et de ses deux parents.

FIG. 2

Métaphase I de l'hybride « Cappelle » × VPM V.I.I.I.2 R 4
(× env. 2 400).

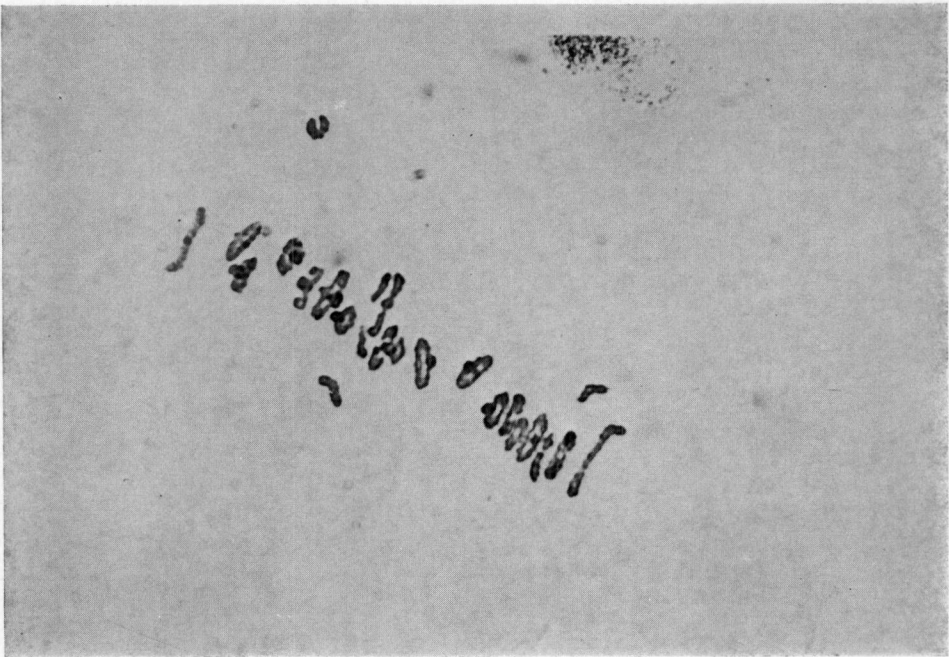


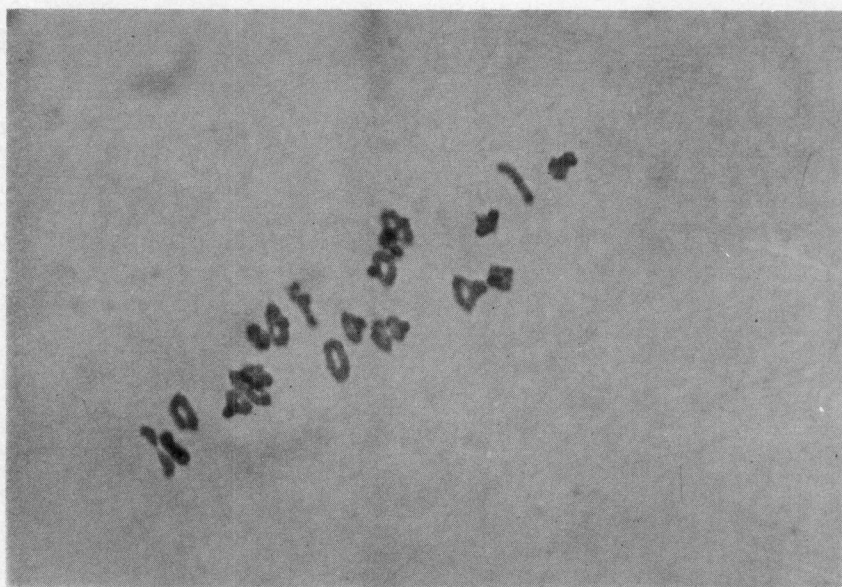
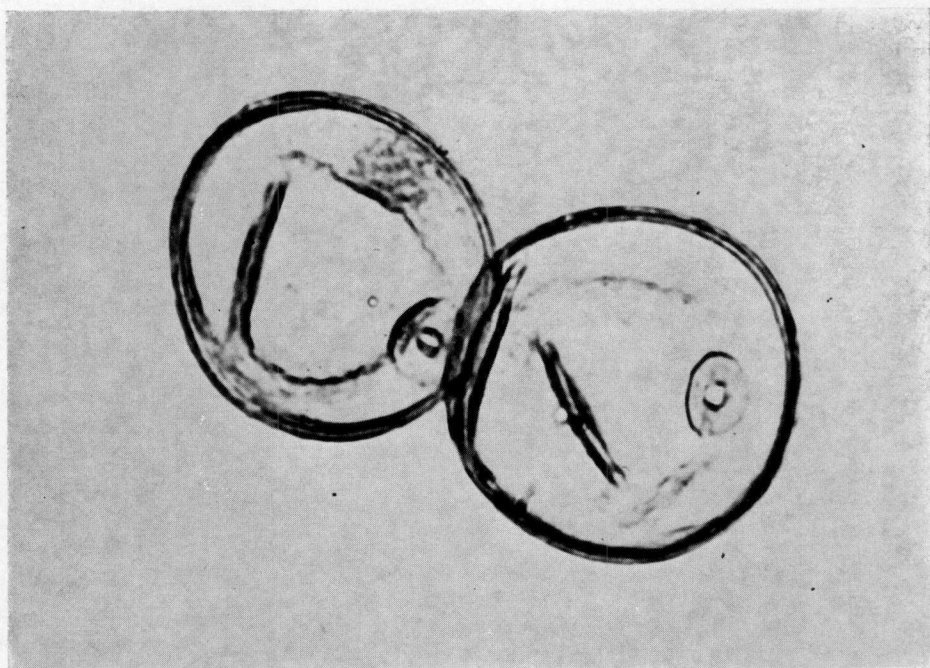
PLANCHE II

FIG. 1

Grains de pollen d'une F_3 mâle-stérile ($\times$ env. 1 300).

FIG. 2

Métaphase I de la lignée VPM $\times$ « Moisson » R 4.2.16.1.10.5
($\times$ env. 1 800).



**MISE EN ÉVIDENCE
DE DIFFÉRENCES VARIÉTALES DE TRANSPIRATION
CHEZ L'AUBERGINE ET D'AUTRES SOLANACÉES
(*SOLANUM MELONGENA* L., *CAPSICUM ANNUUM* L.,
LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.).
CONSÉQUENCES POUR L'ADAPTATION
A DIFFÉRENTS CLIMATS**

E. POCHARD et H. SERIEYS

*Station d'Amélioration des Plantes maraîchères,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
84140 Montfavet*

RÉSUMÉ

Par des mesures de consommation d'eau, de perte de poids de plantes en pots ou de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau au niveau de la feuille, on a montré l'existence de différences variétales hautement significatives et aisément reproductibles en ce qui concerne la transpiration spécifique (rapportée au poids frais de la plante ou à la surface foliaire). Ces propriétés semblent en rapport avec les aptitudes, préalablement reconnues, pour la culture à diverses saisons, en serre ou en plein champ.

Les feuilles semblent les organes responsables de ces différences génétiquement contrôlées qui s'expriment sur des plantes en croissance très active, bien alimentées en eau et sous une demande climatique comprise entre 0,5 et 3 mm/jour (une gamme plus large n'a pas été explorée).

Les espèces étudiées, en particulier l'Aubergine, ont leur transpiration réglée par voie hydropassive (StÅLFELT, 1955) jusqu'au point de flétrissement. Dans les conditions climatiques de la serre on a pu montrer que la fermeture hydropassive des stomates était plus intense chez les cultivars à faible transpiration. Dans le même milieu de culture ces matériels sont toujours proches de la saturation hydrique. Cet état semble très défavorable au déroulement normal de la fructification.

Quelques hypothèses sont émises quant aux relations qui peuvent exister entre transpiration, état hydrique des plantes et fructification.

INTRODUCTION

Les bioclimatologistes, les agronomes et les écologistes reconnaissent depuis longtemps l'importance du facteur hydrique dans la productivité des cultures et les phénomènes d'adaptation climatique. C'est ainsi qu'au Colloque d'Uppsala

organisé par l'UNESCO en 1970 et consacré à la « Réponse des plantes aux facteurs climatiques » (compte rendu mis au point par R. O. SLATYER, 1973) plus de la moitié des communications concernent le facteur eau et ses méthodes de mesure directes et indirectes. Dès 1963, une équipe de bioclimatologistes publiait en langue française un ensemble de travaux qui ont ouvert la voie à des recherches approfondies dans de nombreux domaines (« L'eau et la production végétale », édition I. N. R. A.). Les agronomes cherchent à maîtriser l'irrigation de façon à couvrir efficacement les besoins des cultures (PUECH, 1973).

Il semble que ces travaux n'aient pas reçu, jusqu'à présent, d'application directe dans le domaine de la sélection végétale. A notre connaissance très peu de chercheurs ont tenté d'analyser la variabilité intraspécifique en ce qui concerne les mécanismes physiques et structuraux de régulation de l'eau dans la plante. Ces mécanismes sont cependant de mieux en mieux connus. L'ouvrage de SLATYER (1967) « Plant-water relationships » fait autorité dans ce domaine. Des applications nombreuses en ont été tirées. Nous citerons, à titre d'exemple, les travaux de TURNER (1972), concernant le comportement aux maladies, domaine fréquemment abordé par les sélectionneurs. Dans l'article cité, on trouvera une revue succincte des différentes méthodes de mesure de l'état hydrique des plantes. Parmi les études publiées en langue française, nous citerons BERGER (1971), thèse de Doctorat à laquelle nous nous référerons à de nombreuses reprises. On y trouve l'essentiel des notions nécessaires pour les recherches dont les résultats sont rapportés ici.

Depuis fort longtemps, des études descriptives ont été conduites pour caractériser les espèces adaptées à des milieux extrêmes, par exemple les plantes xérophytiques ou les plantes des étangs et des marais. Plus récemment, on a commencé à comparer les espèces pour différentes propriétés physiques, physiologiques ou biochimiques en rapport avec l'économie de l'eau. Ainsi, PARCEVAUX (1972) étudie les longueurs (ou résistances) de diffusion de la vapeur d'eau au niveau de l'interface feuille-atmosphère chez des espèces éloignées : monocotylédones ou dicotylédones. D'importantes différences entre espèces sont notées mais, dans les cas où plusieurs degrés d'ouverture des stomates ont été analysés, la variation observée dépasse largement en amplitude la variation moyenne entre espèces. Il est d'ailleurs clair que la structure et le fonctionnement d'une plante dépendent largement de son passé écologique, ainsi que le signale le même auteur (PARCEVAUX, 1963). En ce qui concerne *Capsicum annuum*, étudié par SCHOCH (1972), la densité stomatique sur la face supérieure de la feuille peut varier du simple au décuple suivant la quantité d'énergie lumineuse incidente (le nombre relatif de cellules stomatiques par rapport aux cellules épidermiques varie de 1 à 6 dans le même temps).

Les travaux relatifs à l'adaptation à la sécheresse sont nombreux. Parmi les plus récents, nous citerons ceux de VIEIRA DA SILVA (1970) portant sur diverses espèces de Cotonnier. Cet auteur montre l'existence d'une corrélation négative entre la quantité de matière sèche par unité de surface et le taux de solubilisation de certaines hydrolases dans les diverses variétés et espèces à l'essai. La solubilisation de ces enzymes pourrait être responsable de la moindre efficacité photosynthétique des matériels les plus sensibles à la sécheresse.

Les résultats qui figurent dans ce texte sont issus d'un programme établi en vue de la création de variétés de Piment et d'Aubergine adaptées à divers types de culture : en hiver et au printemps en serre chauffée, en moyenne saison avec ou sans

abri temporaire et, enfin, en été en plein champ. Il est apparu rapidement qu'il était nécessaire de créer des types très différents pour répondre favorablement aux exigences climatiques des divers milieux. Chez les Aubergines, en particulier, parmi la large gamme de cultivars mise en essai, nous avons remarqué que les cultivars originaires de contrées tempérées humides (par exemple du Japon) manifestent des troubles très graves sous notre climat lorsque la demande en eau est très forte (7 à 10 mm d'eau/jour) : chute des feuilles pouvant être totale et entraîner la mort des plantes. Ces accidents peuvent être atténués par des arrosages très fréquents ou encore par l'ablation des jeunes fruits. En serre, en hiver, ces cultivars sont au contraire les seuls à fructifier normalement, sous réserve de l'application de techniques culturales appropriées. Par contre, le matériel qui se comporte le mieux au champ est celui qui provient de pays méditerranéens ou de pays tropicaux mais il n'est absolument pas adapté à la culture hivernale. Dans ce cas, on observe en effet une série d'anomalies dont les plus remarquables sont l'hypertrophie foliaire et la chute des ébauches florales (POCHARD, 1967, 1973 ; POCHARD *et al.*, 1971).

Nous nous sommes demandés si les phénomènes observés n'étaient pas en rapport avec une régulation différente de la transpiration en fonction du génotype. C'est pourquoi nous avons entrepris de comparer les taux de transpiration ainsi que les variations de l'état hydrique des cultivars les plus typiques d'Aubergine. Dans certaines expériences, nous avons introduit des cultivars de Piment et de Tomate connus pour leurs facultés diverses d'adaptation. Ces études ont été conduites en serre et en chambre climatisée dans des conditions de faible demande hydrique. Le problème essentiel à résoudre concernait en effet l'amélioration de la fructification en serre. Il est, d'autre part, très difficile de conduire en plein champ des études comparatives car le milieu est trop hétérogène et les variations instantanées sont considérables. Seule nous intéressait la mise en évidence de différences génétiques pouvant être par la suite exploitées par sélection.

De telles différences étant apparues, nous nous sommes efforcés de préciser leur origine : influence prédominante des racines, des feuilles, ou encore interaction des deux types d'organes. Nous avons aussi cherché à savoir s'il existait une liaison étroite entre le taux de transpiration et l'état hydrique des plantes. Ceci nous a conduits à reconnaître le rôle essentiel de la régulation hydropassive qui intervient lorsque les plantes sont proches de la saturation hydrique : les feuilles les plus riches en eau sont alors celles qui présentent la plus forte résistance à la diffusion de la vapeur d'eau. Quelques essais ont été, enfin, conduits pour tenter d'analyser les relations existant entre transpiration, état hydrique et fructification en serre en période de faible demande en eau.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — *Cultivars*

Aubergine.

Types adaptés au plein champ :

- « Violette de Barbentane » : lignée « Anie » (origine Provence),
- « Dourga : c.v. à fruit blanc (origine Inde × « Violette de Barbentane »),

- « Argos » : c.v. à fruit strié (origine Grèce),
- « Ceylan » : c.v. à fruit coloré (origine Ceylan).

Types adaptés à la serre hivernale :

- « Shinkuro » : c.v. à fruit cylindrique (origine Japon),
- « Ronde de Chine » : à fruit sphérique (origine Chine du Nord),
- « Dlinnij Fioletovij » : à fruit pyriforme (origine Tchécoslovaquie).

Ces variétés couvrent une large gamme de précocité et de types de fruits. Celles du second groupe ont quelques particularités communes : elles sont plus précoces (seule, « Dourga » a une précocité comparable) et elles sont beaucoup plus pigmentées sur les feuilles et les tiges (pigment anthocyannique identique à celui des fruits).

Piment.

Type adapté au plein champ :

- « Bastidon » : c.v. assez tardif, à feuilles de grande taille.

Types adaptés à la serre :

- « Oki » : c.v. précoce à feuilles petites,
- « Enomi » : c.v. ornemental peu précoce à feuilles assez petites puis très petites.

« Bastidon » fait partie du groupe des poivrons à très gros fruits (200 g environ) à développement assez lent. Il présente une mauvaise nouaison en serre mais une bonne productivité en plein champ. Les autres cultivars ont des fruits beaucoup plus petits (respectivement 80 et 3 grammes). Ils fructifient bien en serre mais n'ont qu'un faible rendement en plein champ car leur croissance est arrêtée pour une faible charge de fruits.

Tomate.

Type adapté au plein champ (culture de pleine saison) :

- « Saint-Pierre » : c.v. à gros fruit sphérique (170 g), assez tardif.

Types adaptés à la serre :

- « Money-Maker » : c.v. à petits fruits (80 g), demi-précoce,
- « Montfavet n° 63-5 » : c.v. hybride F₁ précoce, à fruits moyens (100 g).

Dans ce cas aussi, les deux groupes se distinguent par leur différence de précocité et par la dimension moyenne des fruits. Les différences sont cependant moins accusées que pour les deux autres espèces.

2. — Mesures de la transpiration

Mesures de consommation d'eau.

Certains essais ont été réalisés en culture sur milieu liquide aéré de façon à pouvoir peser les plantes à intervalle régulier sans les détruire, le débit étant toujours ramené au poids frais de la plante. Un système à niveau constant permettait de maintenir une quantité déterminée de solution pour chaque plante, fonction de l'âge de celle-ci. Chaque semaine, les plantes étaient sorties du milieu nutritif, rapidement essorées et pesées. La transpiration correspondante était estimée comme la moyenne des débits observés les 4 jours précédents et les 3 jours suivants. La solution choisie avait une composition voisine de la solution de Hoagland, d'une pression osmotique de l'ordre de 0,5 atmosphère.

Par cette méthode, on mesure la quantité d'eau transpirée additionnée de la quantité fixée par la plante pour sa croissance. En fait, les deux débits ne sont pas du même ordre de grandeur car la croissance journalière de masse est, dans nos conditions, environ 10 p. 100 du poids frais alors que la transpiration est 20 à 30 fois plus élevée. On n'a d'ailleurs pas noté de différences très importantes entre cultivars en ce qui concerne le taux de croissance. Dans ce cas, nous appelons consommation spécifique pondérale le rapport de la consommation journalière moyenne au poids vert de la plante racines comprises (c/pr). Lorsque la plante est coupée au niveau des cotylédons, le rapport est écrit c/p ; le poids frais correspond alors à la seule partie aérienne de la plante.

D'autres essais utilisaient les mêmes mesures de débit mais les plantes, au lieu d'être à racines nues, étaient placées dans des godets avec substrat de tourbe suivant les techniques habituelles d'élevage des plants. Les mesures de poids des plantes ou de surface foliaire étant destructrices, elles étaient faites sur échantillons suivant un dispositif permettant de maintenir une densité optimale pour les plants en occupant toujours la même surface de serre.

Mesure de la perte d'eau de plantes en pots.

Cette méthode a été la plus souvent employée à cause de sa simplicité. Les plantes, placées dans des pots de 10 ou 12 cm de diamètre suivant leur âge au moment du test, sont élevées en serre avec un écartement corrigé chaque semaine afin d'assurer une couverture complète des tablettes sans recouvrement d'une plante à l'autre. Un dispositif casualisé est réalisé et deux rangs de plantes au moins servent de bordure. Il s'agit en général d'essais blocs avec une seule plante par parcelle et au moins 6 répétitions. Le jour du test, les pots (soigneusement arrosés la veille), sont entourés d'un sac en polyéthylène qui est fermé sur le pied de la plante, toutes les feuilles (à l'exception des cotylédons) étant à l'extérieur. Une première pesée est faite le matin à 9 heures sur une balance au centigramme. En général, les plantes sont placées en chambre climatisée à une température de $22^{\circ}\text{C} \pm 0,5$, sous un éclairage mixte d'environ 10 000 lux. La demande hydrique est comprise entre 1,6 et 2,4 mm/jour, en moyenne 2,0 mm (mesuré au Piche). Au bout de 8 heures, une seconde pesée est faite. La différence entre les deux pesées correspond à la quantité d'eau transpirée par chaque plante. Les pertes par évaporation sont minimales car l'étanchéité des sacs est très bonne. Les plantes sont alors coupées au niveau des cotylédons et pesées (lorsque l'on désire conserver le matériel pour les travaux de sélection il est facile de le bouturer). La transpiration spécifique pondérale (t/p) est le rapport de la quantité d'eau transpirée pendant 24 heures au poids frais de la plante. On calcule la quantité d'eau transpirée au cours d'une période théorique de 24 heures, mais les mesures n'ont concerné que la phase d'éclairement de 8 heures centrée autour du méridien : on s'intéresse en effet au débit maximal dans les plantes au cours du cycle journalier.

Estimation de la surface foliaire.

Cette estimation n'a été faite que dans une partie des essais afin de voir si l'on n'introduisait pas un biais trop important en rapportant la transpiration au poids de la plante et non à la surface foliaire. Les mesures sont très délicates lorsque la plante compte plusieurs dizaines de feuilles. La population est très hétérogène puisque l'on a, à la fois, des feuilles sénescentes et des feuilles où les stomates sont à peine différenciés.

Sur les plantules, on mesure la surface foliaire par planimétrie d'un échantillon de chaque cultivar et l'on utilise le rapport surface/poids pour calculer la surface probable des plantes à l'essai. Chez les plantes plus âgées, on pèse séparément les feuilles et l'on établit, sur échantillon, la densité moyenne du limbe.

Sur de longues périodes de croissance, la relation : surface de la plante-poids de la plante paraît d'ailleurs linéaire et non-différente pour les variétés en essai (fig. 4). Ce sont en effet les feuilles qui représentent l'essentiel de la masse végétale et la densité du limbe ne varie que lentement, avec, probablement, des ruptures nettes à certains moments : chez l'Aubergine, une telle rupture est décelable pour un poids moyen de 7 grammes.

La surface de feuilles individuelles peut être estimée par la mesure de la longueur et de la largeur du limbe. Si l'on multiplie le produit des deux mesures par le coefficient 0,75, on a une estimation de la surface à 5 p. 100 près environ. Suivant la configuration de la feuille (dissymétrie, bord plus ou moins sinueux) on peut être amené à modifier le mode de mesure. Il est bon d'effectuer de temps en temps des vérifications par planimétrie.

Mesures de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau.

Sur des plantes en pleine terre, la transpiration ne peut être estimée que par des méthodes indirectes. Nous avons utilisé un poromètre de diffusion de type VAN BAVEL *et al.* (1965). On mesure, en fait, le temps de réhydratation d'une capsule de chlorure de lithium dans une petite chambre étanche placée contre l'une des faces de la feuille. Cet appareil permet donc de tester séparément les deux faces de la feuille et nous verrons qu'elles ont un comportement tout à fait différent. Il est étalonné suivant la méthode de KANEMASU *et al.* (1969) au contact de plaques comportant un nombre déterminé de trous calibrés sous lesquels est placé un papier filtre humide. Une correction est nécessaire pour la température de la feuille qui est relevée après chaque mesure de transpiration grâce à un thermistor placé au contact de l'épiderme. Les valeurs de résistance, exprimées en secondes par centimètre, seront rapportées à la température théorique de 25°C . Sur des plantes en pot, cette méthode a l'avantage d'être non-destructrice et peut être répétée aussi souvent que l'on veut. En contrepartie, les résultats obtenus ne concernent qu'une zone particulière du feuillage, alors qu'il existe des différences d'une feuille à l'autre et même entre les deux moitiés d'une même feuille. Les variations dans le temps ne sont pas considérables dans une chambre climatisée mais il est préférable d'effectuer les mesures toujours aux mêmes heures et sur des feuilles d'âge connu.

3. — Mesures de l'état hydrique des plantes

Potentiel hydrique.

Il n'est peut-être pas inutile de préciser, pour les lecteurs non-familiarisés avec ces notions, ce que l'on entend par potentiel hydrique (symbole ψ). Ce potentiel correspond à une différence d'enthalpie entre l'eau à l'état physique considéré (c'est-à-dire, en l'occurrence, l'eau contenue dans les tissus des feuilles, organe évaporant) et l'eau pure à la même température. Cette différence est rapportée au volume molaire de l'eau soit $18 \text{ cm}^3/\text{mole}$ (DAINTY, 1969). Ce potentiel correspond à une énergie libre, disponible pour effectuer un travail. L'existence d'un potentiel non-nul dans les feuilles est le principal moteur de la circulation de l'eau dans la plante. La nuit, lorsque l'atmosphère est saturante, le potentiel hydrique devient nul et aucun appel d'eau n'a lieu vers les feuilles.

Il s'agit donc d'une énergie dans un volume. Dans le système CGS, on l'exprime en $\text{erg} \cdot \text{cm}^{-3}$. C'est une unité très petite qui est parfois remplacée par le joule $\cdot \text{cm}^{-3}$, 10^7 fois plus grand, ou encore par le joule $\cdot \text{kg}^{-1}$, 10^4 fois plus grand (la densité de l'eau étant très proche de 1). En fait, dans la plupart des cas, on trouve le potentiel de l'eau exprimé en unités de pression. Au point de vue dimensionnel, on peut remarquer en effet qu'il peut s'exprimer en terme de force par unité de surface : $\text{erg} \cdot \text{cm}^{-3} = \text{dyne} \cdot \text{cm}^{-2}$. L'unité la plus souvent rencontrée (et celle que nous utiliserons) est le bar (= 0,987 atmosphère). Il équivaut à 10^6 dynes $\cdot \text{cm}^{-2}$, ou à 100 joules $\cdot \text{kg}^{-1}$ pour revenir à une unité citée précédemment, ou encore 5,55 joules $\cdot \text{mole}^{-1}$.

Le débit d'eau dans la feuille est proportionnel à la différence de potentiel entre l'air et la feuille. Le potentiel de la feuille dépendra lui-même de l'équilibre entre la perte d'eau par transpiration et l'arrivée d'eau par la tige et les racines.

D'après SLATYER (1967), trois composants se combinent pour déterminer le potentiel d'une cellule. Le potentiel de turgescence P (ou pression hydrostatique) tend à augmenter le potentiel hydrique. Par contre, le potentiel osmotique π lié à la présence de solutés dans la cellule tend à le diminuer ainsi que le potentiel matriciel (forces d'imbibition des colloïdes et forces de capillarité dans les parois). Si l'on néglige ce dernier terme qui est beaucoup plus petit, on a $\psi = P - \pi$ (π étant pris en valeur absolue). P étant au maximum égal à π , on voit que le potentiel hydrique prend des valeurs négatives ou nulles. Ceci est la cause d'une ambiguïté car certains auteurs disent que le potentiel augmente lorsque sa valeur absolue augmente alors qu'en valeur algébrique il diminue. La notation sous la forme algébrique est beaucoup plus logique car l'eau circule en fait des zones de potentiel élevé vers des zones de potentiel faible.

A saturation ($\psi = 0$) la pression de turgescence équilibre la pression osmotique. Au point de flétrissement ($P = 0$), le potentiel hydrique est égal, en valeur absolue, au potentiel osmotique. En pratique, les variations du potentiel hydrique dans les feuilles sont liées étroitement aux fluctuations de la turgescence, c'est-à-dire au déficit de saturation des feuilles (tabl. 4). Les changements de potentiel osmotique ont une influence d'une moindre amplitude sur ces variations. Ils résultent surtout de l'accumulation ou de la disparition de sucres solubles.

La méthode de mesure que nous avons utilisée s'inspire de celle qui est décrite par BOYER (1966) pour l'étalonnage d'un psychromètre. Il s'agit de trouver le potentiel osmotique d'une solution sucrée dont la tension de vapeur équilibre celle du fragment de feuille étudié. En pratique, les disques de feuille de $15,3 \text{ cm}^2$ sont placés dans de petites boîtes, de même diamètre (4,4 cm) sur un anneau qui leur permet d'avoir la face inférieure à quelques millimètres de la surface libre de la solution (4 ml) sans contact direct avec elle. Les boîtes sont scellées à la vaseline et placées dans une étuve réglée à $25^\circ\text{C} \pm 0,2$. Pratiquement, les échantillons de disques prélevés à l'emporte-pièce sont pesés sur une balance au $1/10^6$ de mg dans les cinq minutes qui suivent le prélèvement. Ils sont mis en présence de solutions comportant 0, 2, 4 et 6 p. 100 de glucose qui correspondent à des potentiels osmotiques de 0- 2,8- 5,7 et 8,6 bars respectivement (MICHEL, 1972). Une seconde pesée de chaque disque est faite au bout de 18 heures. Suivant que le potentiel de la feuille est plus petit ou plus grand que celui de la solution, le disque gagne du poids (cas général en présence de l'eau pure) ou en perd. On peut ainsi établir une courbe des variations de la quantité d'eau pendant la durée du test et déterminer graphiquement la concentration, donc le potentiel de la solution qui aurait équilibré le potentiel de la feuille (= ni gain ni perte d'eau). L'augmentation de masse due à la croissance est certainement de faible amplitude car les feuilles choisies ont achevé leur phase de croissance active et ne reçoivent pas de lumière pendant le test. En général, on utilise 16 disques par variété ou par traitement.

Déficit de saturation.

Il est défini comme le rapport (exprimé en p. 100) de la quantité d'eau manquant à la plante pour atteindre la saturation à la quantité totale d'eau à saturation (la turgescence relative est le complément à 100 de ce critère). Les valeurs varient de 0 à 10 p. 100 dans nos expériences.

Les mesures de potentiel faites en présence d'eau pure permettent d'estimer les deux paramètres nécessaires. Le poids sec est mesuré après passage à l'étuve à vide pendant 3 heures à 90°C. La quantité d'eau maximale dans la feuille est la différence entre le poids frais à saturation et le poids sec. La quantité d'eau gagnée entre le prélèvement et la saturation donne la valeur absolue du déficit.

La quantité de matière sèche à l'unité de surface et la quantité maximale d'eau sont elles-mêmes intéressantes car elle sont une indication de l'état des réserves dans la feuille et du potentiel osmotique. Des valeurs trop basses, pour un rang et un âge de feuille donnés, sont le signe d'un fonctionnement anormal.

Les feuilles sur lesquelles les prélèvements sont faits sont les « jeunes-adultes », c'est-à-dire des feuilles ayant terminé leur phase d'expansion très rapide. Chez une plante fleurie, elles sont situées au-dessous d'une fleur nouvellement épanouie.

RÉSULTATS

I. — *Mise en évidence de différences variétales*

Chez les trois espèces étudiées, des différences variétales très significatives ont été observées. Dans tous les cas, les cultivars plus particulièrement adaptés à la culture estivale de plein champ ont manifesté, dans des tests conduits en chambre climatisée ou en serre, une transpiration spécifique plus faible que les cultivars convenant particulièrement à la culture à contre-saison. L'expression « transpiration plus faible » n'implique pas nécessairement que la consommation d'eau par plante soit moins élevée. Le débit d'eau est, en effet, rapporté à la masse de la plante ou à la surface foliaire. Les cultivars dits de plein champ ont souvent une masse verte supérieure à la moyenne et ceci est particulièrement vrai dans les cultures hivernales. C'est donc la densité du transit de l'eau dans les différents organes qui apparaît comme une caractéristique génétiquement contrôlée. Il est bien clair que les résultats obtenus ne sont valables que pour les conditions de milieu qui ont été choisies pour l'élevage des plantes et la réalisation des tests de transpiration. Dans tous les cas, la demande climatique était faible : en serre, de l'ordre de 1 mm/jour (de 0,5 à 1,5), en chambre climatisée, de 2 mm/jour (1,6 à 2,4).

Aubergine.

On a reporté sur la figure 1 les résultats obtenus dans un essai sur solution nutritive aérée (semis du 7 janvier). Les plantes ont été conduites jusqu'à la floraison. On remarque que les différences variétales de consommation d'eau rapportées au poids frais n'apparaissent qu'à un certain âge (stade 3 à 4 feuilles étalées). Elles s'accroissent ensuite jusqu'à la fin de l'essai. A partir du second test, l'ensemble des cultivars dits de serre présente une consommation spécifique supérieure de 20 à 30 p. 100 à celle du groupe de plein champ. Les cultivars les plus typiques sont « Shinkuro » et « Ronde de Chine » d'une part, « Dourga » d'autre part. La plupart des mesures effectuées par la suite concernent les deux dernières citées qui présentent une précocité et une vigueur comparables. L'autre couple le plus couramment utilisé est constitué par « Dlinnij Fioletovij » et « Anie », lignées qui présentent un intérêt particulier en sélection à cause de leur grande précocité.

Dans tous les essais conduits sur jeunes plantes, nous avons retrouvé les mêmes caractéristiques. La transpiration ou la consommation spécifique atteignent 2 à

3 fois la masse de la plante chaque jour pour une demande de 1 mm/jour et 4 à 6 pour une demande de 2 mm/jour environ. On note une décroissance assez régulière des valeurs observées au cours des trois premiers mois, mais cette décroissance est plus forte pour les génotypes à faible transpiration. C'est pourquoi les différences variétales tendent à s'accroître au fur et à mesure des prélèvements. Chez les plantes très jeunes, on n'observe pas de différences significatives et ce n'est qu'à partir du déploiement de la quatrième feuille que le processus de différenciation est bien déclenché.

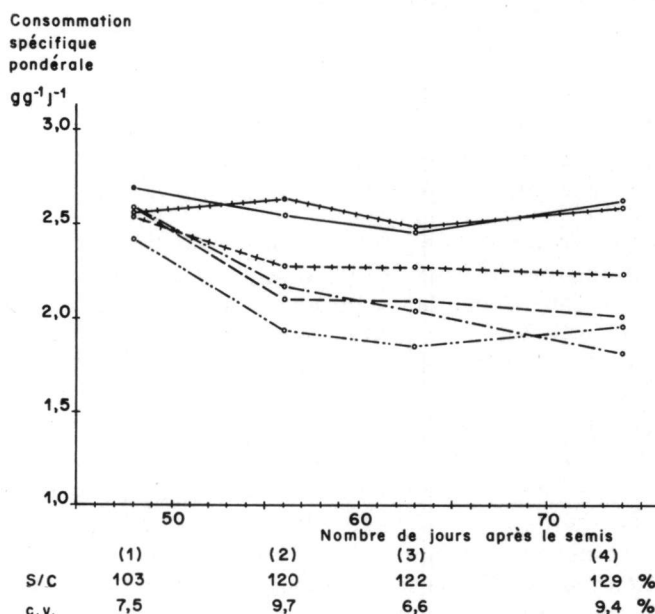


FIG. 1. — Évolution de la consommation d'eau journalière spécifique rapportée au poids frais : comparaison des cultivars « de serre » et des cultivars « de plein champ » (*Solanum melongena*)

Semis du 7 janvier, culture en serre sur milieu liquide aéré. S/C : rapport des valeurs moyennes des deux groupes (cv. de serre/cv. de champ) ; c. v. : coefficient de variation (plante à plante). A partir du deuxième prélèvement, les différences variétales et les différences entre groupes sont significatives au niveau 1 p. 100.

Classement variétal (niveau 5 p. 100)	2 ^e prélèvement R, Sh > DI > Dou
— — — — —	3 ^e prélèvement R, Sh > DI > A, Ce > Dou
— — — — —	4 ^e prélèvement R, Sh > DI > Ce
R : « Ronde de Chine »	— — — — —
Sh : « Shinkuro »	+ + + + +
DI : « Dlinnij Fioletovij »	+ + + + +
	type « serre » (S)
A : « Argos »	— — — — —
Ce : « Ceylan »	—
Dou : « Dourga »	—
	type « Champ » (C)

Sur des plantes en pots sur substrat de tourbe arrosées à la pomme (fig. 2) les variations sont plus brutales que pour des cultures en milieu liquide. Lorsque le pot est entièrement colonisé par les racines et que les réserves d'eau deviennent insuffisantes, on note une diminution brutale de la transpiration spécifique chez le cultivar transpirant le plus activement. Un rempotage dans un godet légèrement plus grand (12 cm au lieu de 10 cm de diamètre) permet à nouveau l'expression des potentialités différentes des matériels étudiés. A chaque mesure, le coefficient de

variation du critère t/p est de l'ordre de 10 à 20 p. 100 ; dans des cultures sur milieu liquide, il atteint rarement 10 p. 100. Une alimentation continue des pots par capillarité permet d'abaisser les fluctuations au niveau de celles que l'on observe en culture hydroponique.

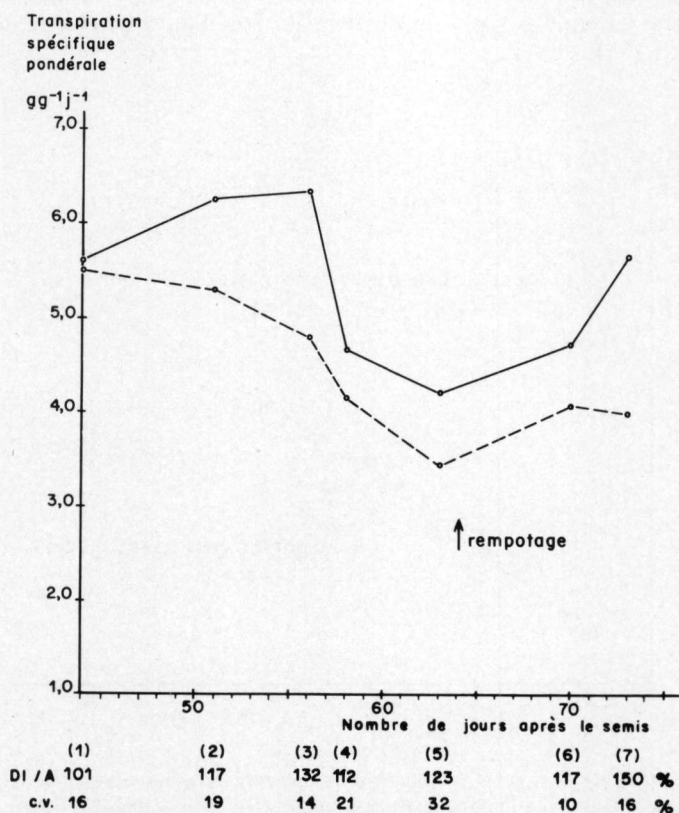


FIG. 2. — Évolution de la transpiration spécifique rapportée au poids frais de la plante en fonction du temps : comparaison de deux cultivars (*Solanum melongena*)

Semis du 5 décembre, culture en serre en godets de 10 cm sur substrat de tourbe enrichie, repotage le 7 février en godets de 12 cm, même substrat. Tests en chambre climatisée pendant 8 heures d'éclairement. Probabilité des écarts entre cultivars (5 plantes par cultivar) : (1) $> 0,40$; (2) $0,10$; (3) $< 0,01$; (4) $0,20-0,30$; (5) $0,10-0,20$; (6) $0,02$; (7) $0,01$. Dl/A = rapport des moyennes variétales; c. v. = coefficient de variation (plante à plante).

Dl : « Dlinnij Fioletovij » ——— (type « serre »)
 A : « Anie » ——— (type « champ »)

On peut se demander si la transpiration spécifique rapportée au poids de la plante donne une image du taux de transpiration par unité de surface de feuille. Les écarts observés entre variétés pour le critère t/p (ou c/p) pourraient provenir d'une densité foliaire différente. Pour un même poids vert certaines variétés auraient une plus grande surface d'évaporation donc une transpiration plus intense. Dans aucun cas (sauf une exception notée au paragraphe suivant dans l'espèce *Capsicum annuum*) nous n'avons observé ce phénomène et si des densités foliaires différentes apparaissent dans certains essais, elles sont plus souvent en faveur des génotypes

à faible transpiration. L'écart entre génotype est alors proportionnellement plus important pour t/s que pour t/p .

Sur le couple « Dourga » « Ronde de Chine », la relation entre le poids frais et la surface foliaire a été étudiée entre 1,5 g et 16 g, soit entre 3 et 7 feuilles étalées. Chez les deux cultivars, cette relation peut être assimilée à deux segments de droite (la limite étant environ 7,5 g). On observe un très bon ajustement de l'ensemble des données (fig. 3).

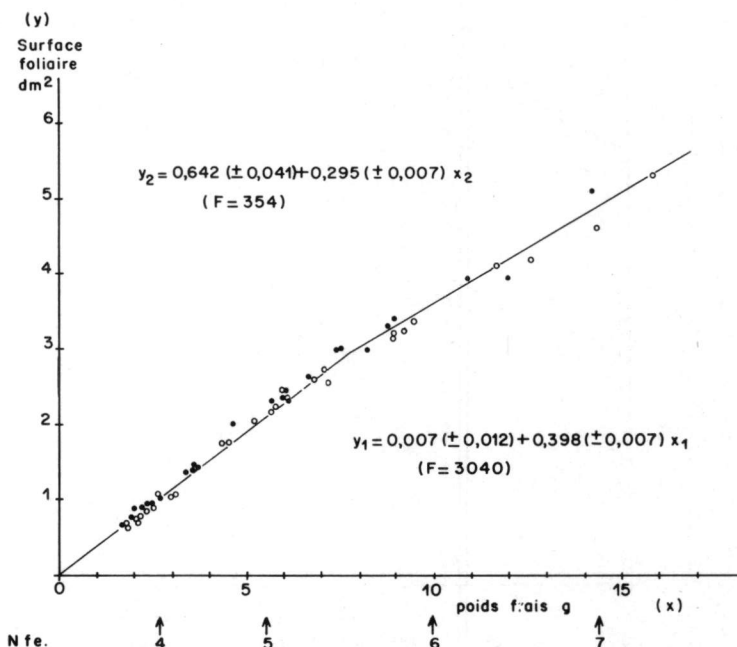


FIG. 3. — Relation entre la surface foliaire et le poids frais des plantes (*Solanum melongena*)

Comparaison de deux cultivars à niveaux de transpiration spécifique très différents. Semis du 10 octobre, culture en serre en godets de 10 cm sur substrat de tourbe enrichie. R : « Ronde de Chine » ; Dou : « Dourga » ; N fe. : Nombre de feuilles étalées ; R : « Ronde de Chine » ; Dou : « Dourga »

$$\text{« Dourga » : } y_1 = -0,07 (\pm 0,02) + 0,40 (\pm 0,01) x_1$$

$$y_2 = 0,56 (\pm 0,03) + 0,30 (\pm 0,01) x_2$$

$$\text{« Ronde de Chine » : } y_1 = 0,06 (\pm 0,02) + 0,39 (\pm 0,01) x_1$$

$$y_2 = 0,85 (\pm 0,08) + 0,29 (\pm 0,03) x_2$$

relation 1 : entre 1,5 et 7,5 g de poids frais

relation 2 : entre 7,5 et 16 g de poids frais (entre parenthèse : écart-type)

● « Ronde de Chine »

○ « Dourga »

Si on analyse séparément les deux variétés, on trouve des coefficients de régression identiques, mais le terme constant est un peu plus élevé chez « Ronde de Chine » (probabilité entre 1 et 5 p. 100). En valeur relative cette différence est minime et ne modifie pas le classement variétal (fig. 4).

Ainsi les données pondérales semblent traduire des différences effectives dans les taux de transpiration par unité de surface de feuille. Les mesures de résistance à la diffusion effectuées par la suite ont entièrement confirmé ce point de vue.

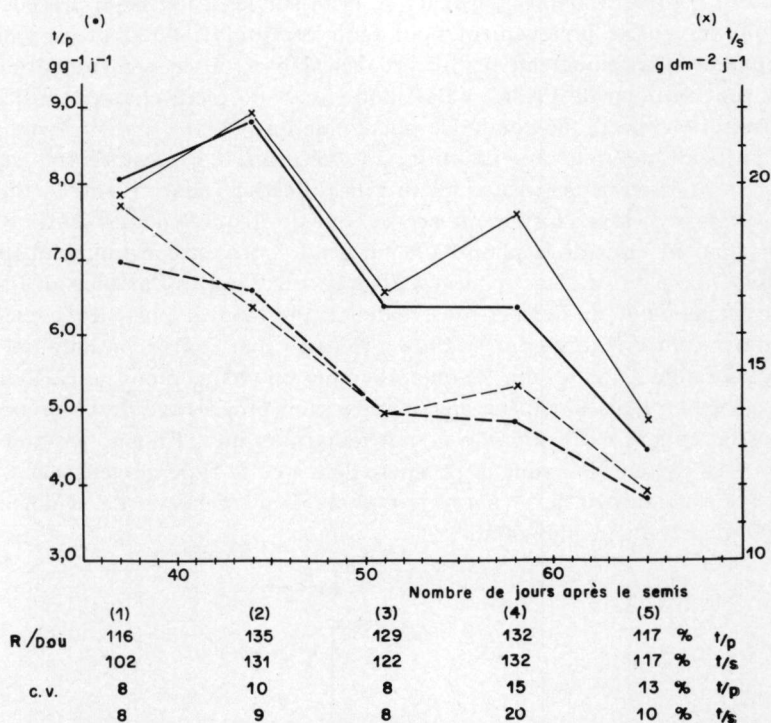


FIG. 4. — Évolution de la transpiration spécifique pondérale (rapportée au poids frais de la plante) et surfacique (rapportée à la surface des feuilles) chez deux cultivars d'Aubergine (*Solanum melongena*)

Mêmes plantes qu'à la figure 3, test en chambre climatisée

Probabilité des écarts entre variétés (test t , 8 degrés de liberté) :

t/p $P = (1) 0,02$; $(2) < 0,01$; $(3) < 0,01$; $(4) 0,01$; $(5) 0,05-0,10$

t/s $P = (1) > 0,30$; $(2) < 0,01$; $(3) < 0,01$; $(4) 0,05$; $(5) 0,05$

R/Dou = rapport des moyennes variétales (en pourcentage); c. v. = coefficient de variation

R : « Ronde de Chine » ——— (type « serre »)

Dou : « Dourga » - - - (type « champ »)

Piment.

L'essai dont les résultats sont reportés sur la figure 5 comportait des plantes en godets de 10 cm alimentées en permanence par une solution nutritive identique à celle utilisée pour les aubergines, la saison de culture étant semblable. Les pesées ne pouvaient cependant être faites sans destruction des plantes (excision au niveau des cotylédons). Les mesures de consommation d'eau et de poids étaient donc effectuées sur échantillons distincts et l'on ne dispose pas d'estimation directe de l'erreur sur les rapports c/p et c/s . D'après les observations antérieures, nous savons que le coefficient de variation de ce critère est toujours plus faible que celui du poids frais p ou de la surface s . On a estimé l'écart type de l'erreur sur les moyennes en prenant pour le rapport c/p un coefficient de variation égal à celui de p et pour le rapport c/s , un coefficient de variation égal à celui de s . De plus, si les 4 prélèvements sont pris comme des répétitions, on observe sur l'ensemble de l'essai, des différences variétales significatives pour les deux rapports étudiés.

Si l'on rapporte le débit journalier (estimé sur les 4 jours qui précèdent et les 4 jours qui suivent le prélèvement pour tenir compte des fluctuations journalières de la demande climatique) au poids vert des plantes, le classement variétal reste constant tout au long de l'essai. « Bastidon » (c.v. de plein champ, tardif) montre une transpiration spécifique pondérale plus faible que « Oki » (c.v. de serre, précoce) qui est lui-même inférieur à « Enomi » (c.v. décoratif à croissance très active). Si ce débit est rapporté à la surface foliaire, la différence relative entre « Bastidon », et « Oki » se trouve assez fortement accrue. Sur des plantes jeunes (entre 8 et 60 g) le rapport du poids frais de la plante à la surface foliaire est constamment plus élevé chez « Oki » ($4,2$ à $5,2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2}$ pour $3,4$ à $4,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2}$ chez « Bastidon »). La densité du limbe au moment du dernier prélèvement a été trouvée plus élevée chez « Oki » ($2,56 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2}$ contre $2,30 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2}$). Chez « Enomi », par contre, on note une densité foliaire plus faible ($2,06 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2}$) qui provoque un changement de classement par rapport à « Oki » mais n'empêche pas l'apparition progressive de différences significatives par rapport à « Bastidon ». Il faut remarquer qu'« Enomi » produit environ deux fois plus de feuilles avant la première fleur que le type moyen chez *Capsicum annum* (22 à 24 au lieu de 11 à 12), le rythme d'émergence et de déploiement des feuilles étant nettement plus rapide.

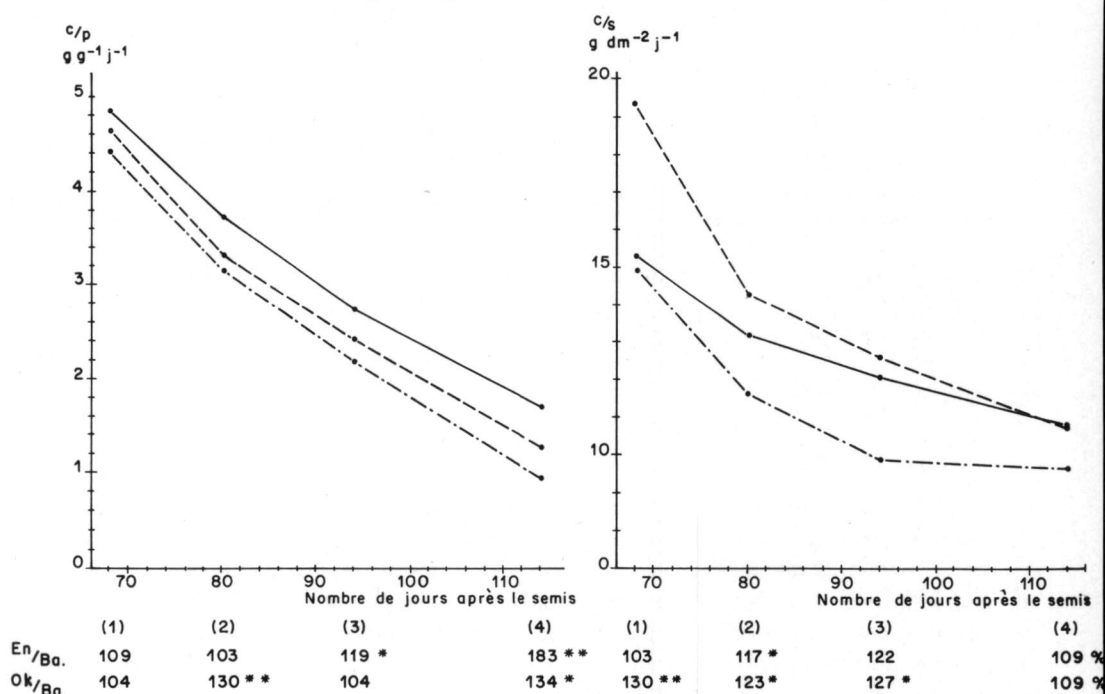


FIG. 5. — Évolution de la consommation d'eau journalière rapportée au poids frais (c/p) ou à la surface foliaire (c/s) chez trois cultivars de Piment (*Capsicum annum*)

Semis du 22 novembre, plantes en pots de 10 cm alimentées par solution nutritive; mesures effectuées en serre.

Analyse d'ensemble (niveau 5 p. 100) : c/p : « Bastidon » < « Oki » < « Enomi » ; c/s : « Bastidon » < « Oki ».

Analyse par date de prélèvement (* = S 5 p. 100 ; ** = S 1 p. 100)

En : « Enomi » ———
 Ok : « Oki » ———
 Ba : « Bastidon » - . - .

Si l'on compare ces résultats à ceux qui ont été obtenus chez l'Aubergine on constate l'existence de phénomènes assez voisins : décroissance des taux de transpiration avec l'âge des plantes (plus intense chez le Piment), augmentation des différences variétales du stade plantule au stade adulte.

L'ordre de grandeur des écarts entre génotypes paraît moins important que chez l'Aubergine mais l'échantillon variétal est plus réduit et ne recouvre sans doute qu'une faible fraction de la variabilité existante. Les différences dans la masse végétale et la surface foliaire sont beaucoup plus nette chez le Piment. « Bastidon » bien que classé comme tardif du fait de la date tardive de floraison (15 jours plus tard que « Oki » et 5 jours après « Enomi ») présente toujours une masse verte et une surface foliaire significativement supérieures à celles des deux autres cultivars. Nous avons déjà montré l'existence d'une relation entre le poids moyen des fruits et la surface foliaire (POCHARD, 1966).

Tomate.

C'est la technique de culture en pots avec arrosage normal qui a été utilisée. Les plantes ont été semées et cultivées en serre comme dans les essais précédents mais à une saison beaucoup plus tardive (semis du 10 mai). Les deux tests ont été faits en chambre climatisée. On a constaté, là aussi, l'existence de différences variétales très significatives (fig. 6), et dans le même sens que précédemment. « Money-

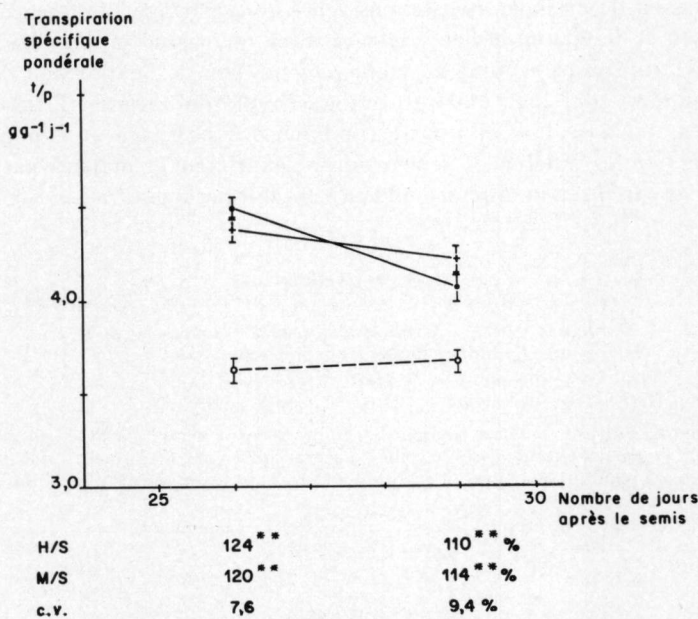


FIG. 6. — Comparaison de trois cultivars de Tomate pour le taux de transpiration spécifique pondérale (*Lycopersicon esculentum*)

Semis en serre du 10 mai, test en chambre climatisée 26 et 29 jours après le semis, soit pour un poids moyen par plante de 10 g et 17 g respectivement ; 20 plantes par variété ; ** = différence significative au niveau 1 p. 100.

H : « H 63-5 »	● — ●	} type « serre »
M : « Money-maker »	+ — +	
S : « Saint-Pierre »	○ — ○	} type « champ »

maker » et « Montfavet 63-5 », variétés de serre, présentent une transpiration spécifique pondérale supérieure à celle de « Saint-Pierre », variété de plein champ. Les deux premières ont un comportement hydrique voisin bien qu'elles diffèrent considérablement par leur origine génétique et leurs caractères morphologiques.

2. — Origine des différences observées

Il est généralement admis que le lieu de la résistance maximale au transit de l'eau dans la plante se trouve au niveau des racines et plus particulièrement au niveau de l'endoderme. Pour prendre un exemple parmi l'une des espèces étudiées, nous citerons les résultats de BARRS et KLEPPER (1968) obtenus chez le Piment. Il ne s'ensuit pas nécessairement que les propriétés que nous avons mises en évidence proviennent d'un fonctionnement différent des racines chez les différents cultivars. En effet, ainsi que le souligne BERGER (1971), il existe plusieurs boucles de rétroaction au sein du continuum de l'eau dans la plante et il y a un retentissement progressif d'un compartiment à l'autre pour toute modification survenant en un point du système. BARRS et KLEPPER montrent justement l'existence d'un phénomène cyclique de variation de la transpiration provenant de l'action réciproque de la régulation stomatique (ouverture et fermeture) et de la résistance radiculaire qui dépend du débit de l'eau. Il peut donc être difficile de trouver l'origine initiale d'une différence pouvant s'imprimer peu à peu dans toute une série d'organes.

Par un essai de greffage, nous avons tenté de départager l'influence respective des racines et de l'appareil aérien, sinon en tant qu'origine initiale des différences variétales de transpiration, tout au moins comme lieu de l'expression de ces différences lorsqu'elles sont bien établies. Sur un couple de variétés d'Aubergine déjà bien connues, on a réalisé les quatre combinaisons possibles greffon porte-greffe. Il en ressort que les différences génotypiques s'expriment en majeure partie sinon en totalité par l'appareil aérien. Aucune influence notable des racines n'est décelée (tabl. 1).

TABLEAU 6

*Essai de greffage :
recherche de l'origine des différences variétales de transpiration (Solanum melongena)*

A : lignée « Anie » (faible transpiration : type « champ »)
D : lignée « Dlinnij » (forte transpiration : type « serre »)
A/A : A greffé sur A ; A/D : A greffé sur D
D/D : D greffé sur D ; D/A : D greffé sur A

Semis du 20 mars ; culture en serre, greffage 45 jours après le semis, plantées en pots de 12 cm ; tests 1 et 2 = 65 et 71 jours après le semis, 9 à 11 plantes par traitement ; mesures en chambre climatisée pendant 8 heures d'éclairement, transpiration spécifique pondérale calculée pour 24 heures.

Greffon Porte-greffe	$\frac{A}{A}$	$\frac{A}{D}$	$\frac{D}{A}$	$\frac{D}{D}$	Effet greffon	Effet porte-greffe	F limite (0,01)
Test 1	2,91	2,88	4,38	4,44	63,1	0,087 NS	7,4
Test 2	2,85	3,00	4,92	4,92	243,1	0,352 NS	7,3
Transpiration spécifique pondérale					Analyse de variance (test F)		

Le rôle essentiel des feuilles peut aussi être mis en évidence en plaçant des feuilles coupées sur des tubes à essai scellés contenant de l'eau pure. A condition de prendre quelques précautions au moment du prélèvement pour éviter un flétrissement trop intense et de n'effectuer les mesures (en milieu contrôlé) qu'après 24 heures d'équilibration, on peut mettre en évidence des différences variétales d'un ordre de grandeur égal ou supérieur à celui que l'on observe sur plantes entières (fig. 7).

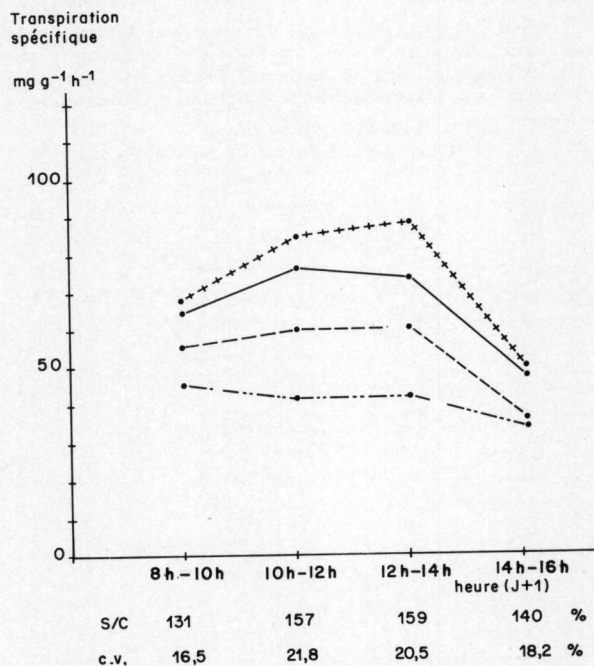


FIG. 7. — Transpiration de feuilles coupées (*Solanum melongena*)

Feuilles standard prélevées en serre le 20 juin, placées sur tubes à essai scellés contenant de l'eau pure ; mesures effectuées au laboratoire le lendemain du prélèvement sur des périodes de deux heures (4 feuilles par variété). S/C : rapport des valeurs moyennes des types « de serre » et des types « de champ » ; c.v. : coefficient de variation. Toutes les différences entre groupes « serre » et « champ » sont significatives au niveau 1 p. 100.

« Shinkuro » + + + + } type « serre » (S)
 « Dlinnij » — — — — }
 « Argos » — — — — } type « champ » (C)
 « Dourga » - . - . }

Les mesures de résistance à la diffusion confirment ces observations et permettent de préciser un point inattendu : les différences variétales proviennent en majeure partie de la face inférieure des feuilles. Les espèces étudiées sont cependant amphistomatiques (SCHOCH, 1972 ; HURD et GAY, 1972) mais, dans les conditions de milieu où nous nous plaçons, les stomates de la face supérieure sont le plus souvent presque fermés. Chez l'Aubergine, par exemple, on observe sur cette face des résistances de l'ordre de 20 à 40 s · cm⁻¹, alors qu'à pleine ouverture, sous forte intensité lumineuse, cette résistance tombe en dessous de 2 s · cm⁻¹, soit des valeurs comparables à celles de la face inférieure. Le coefficient de variation est généralement très grand sur cette face, alors qu'il est généralement inférieur à 20 p. 100 (en chambre

climatisée) sur la face inférieure. Les écarts systématiques observés au niveau de la face inférieure suffiraient à rendre compte des différences variétales de transpiration (tabl. 2).

TABLEAU 2

*Résistance à la diffusion au niveau de la face inférieure (abaxiale)
ou supérieure (adaxiale) des feuilles adultes ;
comparaison des variétés « de serre » (S) et de « plein champ » (C)*

- (1) Aubergine : essai sur plantes adultes, en serre, par temps ensoleillé
(2) Aubergine : essai sur plantes au stade floraison, en chambre climatisée
(3) Piment : essai sur plantes au stade 7-8 feuilles, en chambre climatisée
(4) Tomate : essai sur plantes au stade 7-8 feuilles, en chambre climatisée

NG : distribution non gaussienne

r : résistance à la diffusion en secondes $\cdot \text{cm}^{-1}$

		Face inférieure				Face supérieure			
		r $s \cdot \text{cm}^{-1}$	Range signif. 5 p. 100	Prob. (C = S)	C/S p. 100	r $s \cdot \text{cm}^{-1}$	Range signif. 5 p. 100	Prob. (C = S)	C/S p. 100
(1)	« Dlinnij » (S)	1,87				4-63			
	« Anie » (C)	2,45	0,25	< 0,01	131	2-14	NG	NG	< 100
(2)	« Ronde » (S)	2,06				27,8			
	« Dourga » (C)	3,16	0,66	< 0,01	153	30,6	9,0	0,50	110
(3)	« Oki » (S)	2,38				13,1			
	« Bastidon » (C)	4,32	0,85	< 0,01	182	33,4	7,3	< 0,01	255
(4)	« H 63-5 » (S)	1,94				26,1			
	« Money-maker » (S)	2,00	0,61	< 0,01	188	28,1	9,9	0,20-0,30	122
	« St Pierre » (C)	3,65	0,58	< 0,01	183	31,8	9,5	0,30-0,50	113

Ces mesures non-destructrices permettent de suivre les modifications dans le temps de la résistance stomatique de plantes en pots placées successivement dans divers milieux ou ayant subi un rempotage. Si l'on change les plantes de milieu (éclairage passant de 1 000 lux à 10 000 lux environ) la résistance diminue rapidement et s'ajuste à un nouveau niveau sans que l'écart relatif entre variétés soit modifié dans les trois jours qui suivent. Un rempotage sur un substrat plus volumineux produit une chute rapide de la résistance qui diminue l'écart relatif entre variétés pendant une période d'une dizaine de jours. Si le niveau moyen de la résistance peut s'ajuster rapidement, il semble que les différences variétales présentent une inertie beaucoup plus grande (fig. 8).

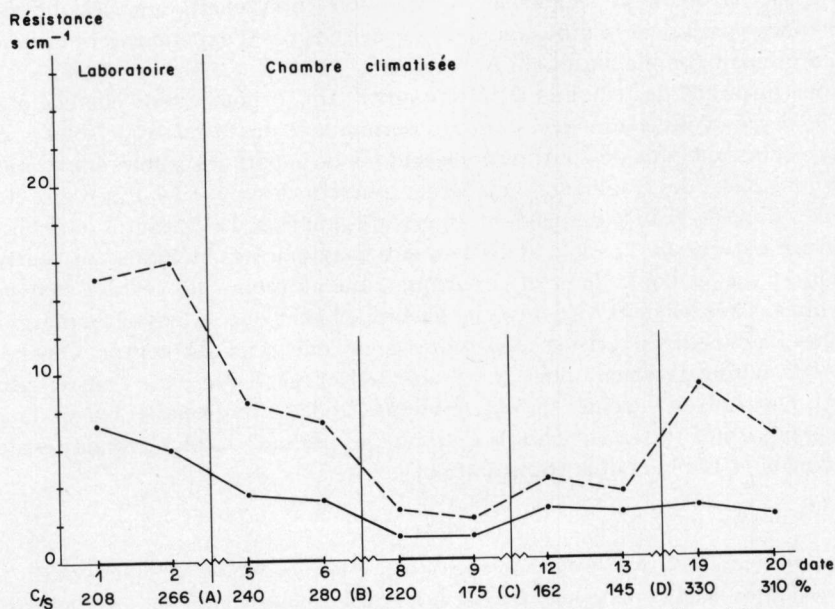


FIG. 8. — Résistance à la diffusion de la face inférieure de feuilles adultes : comparaison d'un cultivar à forte transpiration spécifique (« Dlinnij ») et à faible transpiration spécifique (« Anie ») (*Solanum melongena*)

Plantes en pots, élevées en serre à l'automne ; testées au laboratoire (environ 1 000 lux d'éclairement) puis en chambre climatisée (10 000 lux) ; stade floraison.

- (A) Passage du laboratoire à la chambre climatisée le troisième jour ;
- (B) Rempotage (d'un pot de 12 cm à un pot de 14 cm) le septième jour ;
- (C) Intervalle de 3 jours sans mesures ;
- (D) Intervalle de 6 jours sans mesures.

Toutes les différences variétales sont significatives au niveau 1 p. 100 sauf les douzième et treizième jours (cinquième et sixième jours après le repotage) : différences non-significatives.

« Dlinnij » (S) ———
« Anie » (C) - - -

3. — Importance de la régulation hydropassive

A la suite de STÅLFELT (1963) on s'accorde à distinguer deux types de régulation stomatique répondant à deux mécanismes différents. Ils fonctionnent pour des taux différents de déficit hydrique dans la feuille.

Au-dessous du déficit optimal, correspondant à l'ouverture maximale des stomates (généralement 3 à 6 p. 100 du poids d'eau à saturation), fonctionne la régulation dite hydropassive. Au-delà, c'est la régulation dite hydroactive. Au fur et à mesure de l'approche de la saturation, les stomates se ferment progressivement mais non totalement. Ceci est généralement interprété comme l'indice d'une pression de turgescence élevée dans les cellules épidermiques et faible dans les cellules stomatiques. L'ouverture de l'ostiole provient en effet de l'existence d'une différence de turgescence positive entre les cellules de garde des stomates et les cellules adjacentes plus volumineuses sur lesquelles elles sont fixées. L'abaissement de la pression hydrostatique dans les cellules épidermiques (qui sont plus directement reliées au système vasculaire que les stomates eux-mêmes) permet, dans ce cas, une augmentation du degré d'ouverture des stomates.

Afin de savoir si la régulation hydropassive intervenait dans les différences de résistance variétale à la diffusion de l'eau, deux types d'expériences ont été effectuées en prenant comme matériel l'Aubergine.

Nous inspirant des travaux de MOURAVIEV (1951), nous avons cherché à comparer le degré d'ouverture des stomates normaux et des stomates « isolés », c'est-à-dire ne subissant plus de contrainte mécanique de la part des cellules épidermiques. Nous avons placé des fragments d'épiderme inférieur des c.v. « Dourga » et « Ronde de Chine » dans de l'eau pure pendant 15 minutes environ. Les mesures ont concerné l'ouverture externe de l'ostiole et le diamètre maximal des stomates au centre du fragment et sur les bords de celui-ci, lorsque l'une au moins des cellules compagnes est déchirée. Chez les deux variétés, on constate en effet que les stomates marginaux sont plus largement ouverts et plus turgescents que ceux du centre. Cependant, l'écart est significativement plus grand chez « Dourga » que chez l'autre cultivar (tabl. 3). On peut en conclure qu'une fermeture de type hydropassif existe dans les deux cas mais plus fortement chez le cultivar qui présente la plus grande résistance à la diffusion et la plus faible transpiration.

TABLEAU 3

Comparaison des degrés d'ouverture stomatiques par la méthode de MOURAVIEV

Mise en évidence de la compression exercée par les cellules épidermiques sur les cellules stomatiques (*Solanum melongena*).

I : cellules stomatiques isolées sur le bord de la préparation ;

M : cellules stomatiques au milieu de la préparation ;

Test A : feuille un rang au-dessous de la feuille standard ;

Test B : feuille standard (au niveau d'une fleur épanouie).

Longueurs exprimées en microns : diamètre maximal du couple de cellules de garde (diamètre stomatique) et ouverture maximale de l'ostiole, partie externe (= largeur de l'ostiole).

Variétés	Diamètre stomatique				Largeur de l'ostiole				
	« Dourga » (C)		« Ronde » (S)		« Dourga » (C)		« Ronde » (S)		
	I	M	I	M	I	M	I	M	
Niveau									
Largeur	16,0	12,5	14,7	12,4	5,10	2,35	4,30	3,25	Test A
M/I p. 100	—	78	—	84	—	46	—	76	
Prob. (M = I)		< 0,001		< 0,001		< 0,001		< 0,001	
Largeur	15,2	12,9	14,7	12,0	3,50	2,15	3,45	2,95	Test B
M/I p. 100	—	85	—	82	—	61	—	86	
Prob. (M = I)		< 0,001		< 0,001		< 0,001		0,10-0,20	

Une autre méthode très simple permet de vérifier le même phénomène. On sait en effet depuis longtemps que, chez beaucoup d'espèces, on observe une augmentation subite de la transpiration d'une feuille ou d'un rameau après son détachement de la plante. Ce phénomène est appelé « effet Iwanoff ». Récemment BERGER (1971) a montré qu'il était en rapport avec la régulation hydropassive et pouvait servir à en mesurer l'intensité. La section d'une feuille coupe en effet l'alimentation normale et produit rapidement un déficit qui se transmet de proche en proche. Les

Perte d'eau
mg dm⁻² mn⁻¹

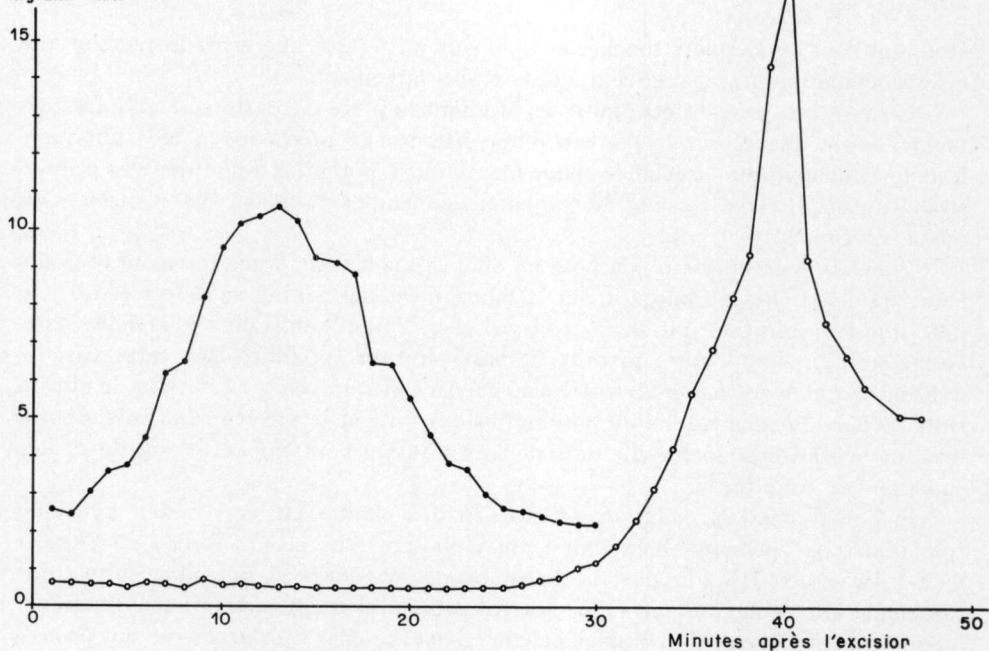


FIG. 9. — Étude de l'effet Iwanoff : comparaison d'un cultivar à forte transpiration spécifique (« Ronde de Chine ») et à faible transpiration spécifique (« Dourga »)

Évolution de la perte de poids par unité de surface, minute par minute, après excision d'une feuille adulte ; plantes au stade floraison, élevées en serre en hiver ; température de mesure : 25°C ± 0,5.

« Ronde » (S) ●
« Dourga » (C) ○

Perte d'eau
mg dm⁻² mn⁻¹

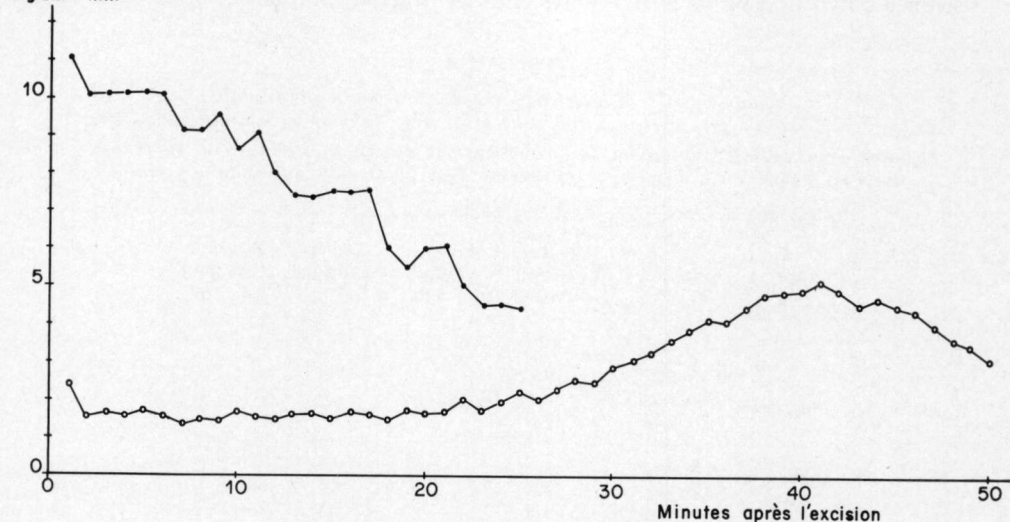


FIG. 10. — Étude de l'effet Iwanoff

Même matériel que pour la figure 9, mais plantes maintenues sans arrosage pendant deux jours (aucun flétrissement visible : déficit hydrique modéré)

« Ronde » (S) ●
« Dourga » (C) ○

stomates sont les derniers touchés et, pendant un temps, libérés de la pression des cellules épidermiques, ils peuvent s'ouvrir plus largement.

Ces mesures peuvent être faites en étudiant la perte d'eau d'une feuille fraîchement coupée, placée sur le plateau d'une balance de précision, la face inférieure librement évaporante et éclairée (pour maintenir le potentiel osmotique des cellules stomatiques). Il est nécessaire de comparer des feuilles de même âge et insérées au même niveau.

Chez les deux cultivars, on note un effet Iwanoff mais d'une intensité toujours très supérieure chez « Dourga ». Sur la figure 9 est reproduit l'un de ces essais. On note une transpiration initiale plus élevée chez « Ronde de Chine ». D'autre part, l'augmentation temporaire du taux de transpiration apparaît, chez cette variété, dans les minutes qui suivent le prélèvement. Au contraire, chez « Dourga », le niveau reste inchangé pendant les 15 à 30 minutes qui suivent le prélèvement puis montre une augmentation soudaine. Le taux de transpiration peut alors être plus de 10 fois supérieur au taux initial.

Si l'on reprend la même expérience sur des plantes en léger déficit hydrique (pas d'arrosage pendant deux jours), on n'observe plus chez « Ronde de Chine » d'effet IWANOFF. Dès l'origine, la transpiration est élevée et décroît ensuite constamment. On peut considérer que les stomates étaient ouverts au maximum au moment du prélèvement. Un effet atténué demeure chez « Dourga » ce qui prouve que le déficit hydrique était encore sub-optimal (fig. 10).

Ces résultats nous conduisent à admettre qu'une partie au moins des différences variétales de transpiration provient du phénomène de régulation hydropassive qui paraît plus intense chez les variétés à faible transpiration que chez celles qui présentent une forte transpiration dans un milieu à faible demande hydrique (inférieur à 3 mm/jour).

On peut donc s'attendre à trouver, à conditions de milieu égales, des caractéristiques d'hydratation bien différentes chez les divers génotypes étudiés.

TABLEAU 4

*Comparaison des caractéristiques hydriques des feuilles adultes de trois cultivars de type « serre », et trois cultivars de type « champ » (*Solanum melongena*)*
Mesures effectuées le 15 janvier, à 16 heures, sur des plantes semées le 10 octobre, mises en pleine terre en serre ; traitement T₁ : plantation au stade 4-5 feuilles

Type	Cultivars	Potentiel hydrique (bars)	Moyenne groupe ($\pm 2 \sigma$)	Déficit hydrique (%)	Moyenne groupe ($\pm 2 \sigma$)
Serre (S)	« Ronde »	— 10,4	10,50 $\pm$ 0,87	6,4	7,16 $\pm$ 1,10
	« Shinkuro »	— 9,8		7,3	
	« Dlinnij »	— 11,3		7,8	
Champ (C)	« Argos »	— 4,5	4,87 $\pm$ 0,94	3,6	3,5 $\pm$ 1,10
	« Ceylan »	— 5,8		3,5	
	« Dourga »	— 4,3		3,5	
Probabilité (S = C)			< 0,01		< 0,01

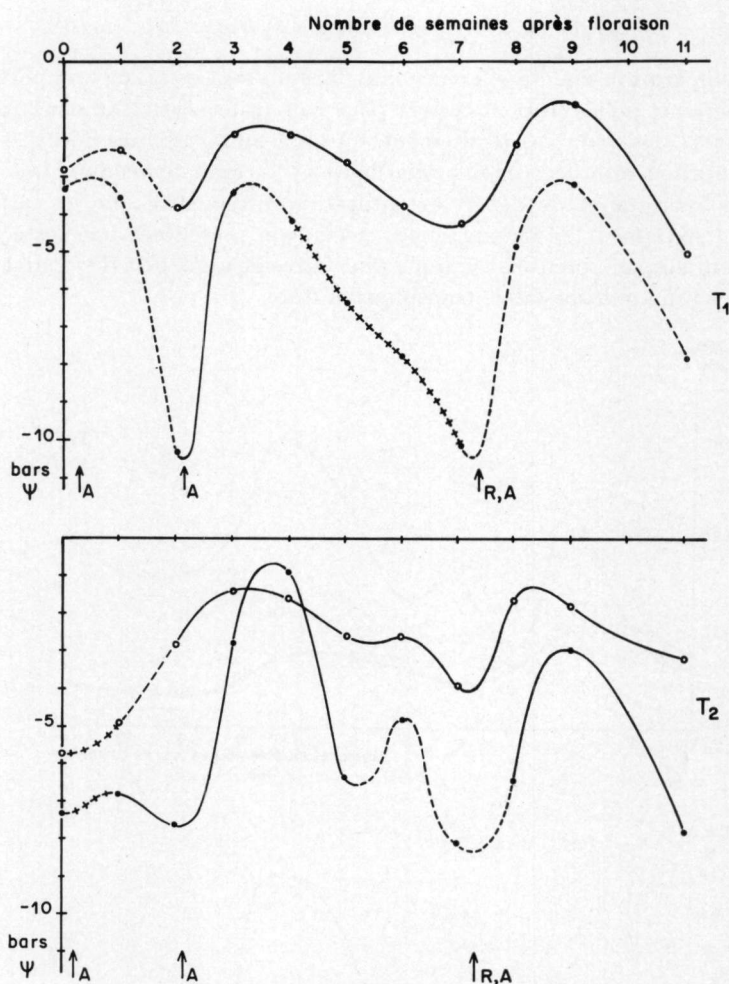


FIG. 11. — Évolution du potentiel hydrique dans les feuilles adultes d'un cultivar à faible transpiration spécifique (type champ) et d'un cultivar à forte transpiration spécifique (type serre) (*Solanum melongena*)

Culture en serre ; notations du 16 octobre au 2 janvier, à partir de la floraison ; mesures effectuées entre 16 h et 17 h.

A : arrosage par gravité (environ 20 mm d'eau) ;

R, A : remontée de la nappe phréatique suivie d'un arrosage pour homogénéiser la saturation superficielle du sol ;

T₁ : plantes à fort développement racinaire, mise en place au stade 4-5 feuilles étalées ;

T₂ : plantes à faible développement racinaire, en déficit hydrique à la plantation ; mise en place au début de la floraison.

Les taux de nouaison se réfèrent aux différents étages de floraison et ne peuvent être appliqués à des dates très précises : ils figurent ici à titre indicatif (dates correspondant à la semaine qui suit la floraison de l'étage considéré).

« Dourga » (C) ○

« Ronde » (S) ●

nouaison > 40 p. 100 + + + +

nouaison 40 à 10 p. 100 — — — —

nouaison < 10 p. 100 —————

4. — *Comparaison des caractéristiques hydriques des variétés*

Cette comparaison n'a été effectuée que dans un seul essai qui comportait 6 lignées d'Aubergine, préalablement testées pour leur transpiration et deux modes de culture distincts. Dans un cas (traitement T_2) on a limité la croissance des racines par une plantation retardée (plants déjà fleuris) ; T_1 était le témoin. Les mesures de potentiel hydrique et de déficit de saturation ont montré que les cultivars le répartissaient nettement en deux groupes : ceux qui présentent une forte transpiration ont toujours un potentiel hydrique plus faible et un déficit de saturation plus grand que ceux qui ont une faible transpiration (tabl. 4).

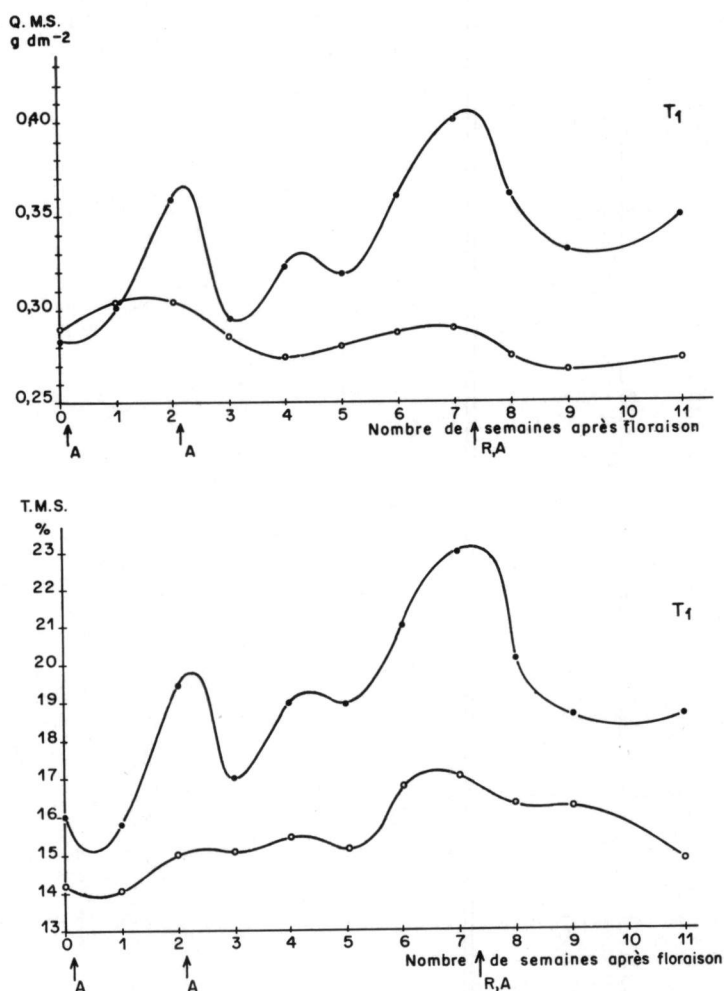


FIG. 12. — Évolution de la quantité de matière sèche par unité de surface et de la teneur en matière sèche dans les feuilles adultes (*Solanum melongena*)
Même essai et mêmes cultivars qu'à la figure 11 ; seul figure le traitement T_1

« Dourga » (C) ○

« Ronde » (S) ●

Ces mesures ont été effectuées tout au long de la culture chez le couple « Dourga »-« Ronde de Chine » qui a déjà servi à de nombreuses reprises. On constate que chaque arrosage est suivi d'une remontée très rapide du potentiel hydrique chez « Ronde de Chine » qui prend ainsi des valeurs comparables à celles de « Dourga ». Peu à peu, l'écart entre les deux variétés se creuse à nouveau par diminution du potentiel de « Ronde de Chine » (fig. 11). On constate une très grande stabilité chez « Dourga », qui était déjà décelable dans les expériences conduites en pots.

Les quantités et les taux de matière sèche dans les feuilles standard sont aussi plus stables chez ce cultivar, mais nettement plus faibles que chez « Ronde de Chine » (fig. 12). Ceci est probablement le signe d'un fonctionnement anormal. Pendant toute la durée de l'essai, on note un parallélisme frappant entre les faibles quantités de matière sèche par unité de surface et la chute des ébauches florales. Les résultats concernant la relation entre l'état hydrique des plantes et leur aptitude à fructifier ont déjà été publiés (POCHARD, 1973) et feront l'objet d'analyses plus précises dans des travaux ultérieurs. On constate que la nouaison demeure très faible (inférieure à 10 p. 100) tant que le potentiel hydrique dans les feuilles standard n'atteint pas 4 à 5 bars et que le taux de matière sèche ne dépasse pas 17 p. 100.

DISCUSSION

Il apparaît que des différences variétales hautement significatives et aisément reproductibles existent en ce qui concerne la transpiration spécifique pondérale (qui ne se distingue pas de la transpiration par unité de surface de feuille dans la majorité des cas). Ces différences se traduisent par des résistances à la diffusion différentes au niveau de la face inférieure des feuilles. Chez l'une au moins des trois espèces étudiées (l'Aubergine), les modifications de la transpiration sont liées à la fermeture hydropassive des stomates qui apparaît pour des déficits hydriques inférieurs à 6 p. 100. D'autre part, les propriétés hydriques des cultivars paraissent conditionner leurs aptitudes respectives pour deux types extrêmes de culture : la culture estivale de plein champ et la culture hivernale en serre. S'il est bien évident que les génotypes capables de restreindre leur transpiration pendant la période de demande climatique très élevée sont favorisés en plein été, on comprend moins bien pourquoi ils sont, au contraire, défavorisés en serre en hiver.

Deux sortes de problèmes apparaissent donc, qui ont trait à l'origine et au contrôle de ces phénomènes d'une part, à leur importance adaptative d'autre part.

Il n'est pas possible de passer en revue tous les facteurs qui pourraient intervenir dans la régulation de l'état hydrique des plantes. Nous nous contenterons d'essayer de situer dans une perspective plus large les résultats que nous avons obtenus concernant la fermeture hydropassive des stomates lorsque les plantes sont dans un état hydrique proche de la saturation. Le simple examen des stomates sur des fragments d'épiderme ou des empreintes au vernis montre qu'il existe en fait, entre les divers cultivars de Piment et d'Aubergine, des différences structurales évidentes : forme et niveau d'insertion des stomates, dimensions des cellules compagnes, ornements de l'épiderme etc. Rien ne prouve, pour l'instant, qu'elles soient responsables d'une différence de fonctionnement. De nombreuses mesures

de densité stomatique ont été effectuées mais il n'a pas été possible de mettre en évidence une relation entre ce caractère et l'intensité de la transpiration. A densité stomatique égale les différences variétales de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau subsistent.

Sur le plan physiologique, il se peut que les facteurs qui provoquent le grandissement de la feuille au-delà des limites habituelles favorisent aussi la conservation d'un état d'hydratation élevé dans les tissus et agissent de façon indirecte sur le fonctionnement stomatique. On noterait, en somme, dans un milieu où le rayonnement et la demande hydrique sont faibles, le maintien de certaines caractéristiques juvéniles comme le faible taux de matière sèche et une croissance continue du feuillage. Chez les trois espèces étudiées, il apparaît nettement que les cultivars dits « de serre » sont beaucoup moins sujets à l'hypertrophie foliaire. Lorsque l'on peut limiter cette hypertrophie chez les cultivars non-adaptés par une restriction de l'alimentation hydrique, on constate un retour progressif à un fonctionnement stomatique comparable à celui des autres génotypes à l'essai. Ces premiers résultats nous incitent à émettre l'hypothèse que les différences variétales, d'ordre structural ou physiologique, s'établissent au cours de la différenciation de l'ébauche de feuille et sont sous l'influence des contraintes hydriques que subit la plante au cours de cette différenciation.

Pour interpréter l'inadaptation à la serre hivernale des cultivars qui présentent au plus haut point la tendance à la saturation hydrique et à la fermeture hydro-passive des stomates, on peut faire intervenir au moins deux types différents d'anomalies. On peut ainsi admettre que la fermeture partielle des stomates augmente la résistance à la carboxylation. Le faible taux de matière sèche que l'on observe, quel que soit le génotype, lorsque les tissus des feuilles sont proches de la saturation, pourrait provenir d'un taux d'assimilation par unité de surface réduit par rapport aux conditions normales d'hydratation. C'est ce qui a été observé par ČATSKY (1963) sur des feuilles de *Brassica oleracea*. Cet auteur montre que le taux de fixation du gaz carbonique présente un maximum pour un déficit hydrique d'environ 5 p. 100 puis décroît très fortement quand on approche de la saturation. Le ralentissement du débit dans le système vasculaire peut aussi contribuer à ralentir la translocation des produits de la photosynthèse. Cependant, il ne s'agit pas d'une simple conséquence de la fermeture stomatique puisqu'il y a persistance des troubles physiologiques lorsque l'état hydrique est redevenu normal. Nous croyons que, dans les cas que nous étudions, il y a aussi une certaine inertie des phénomènes.

Ceci conduit à l'hypothèse de l'intervention d'un mécanisme plus fondamental, capable de rendre compte des modifications très complexes qui apparaissent chez les plantes quand elles sont cultivées en hiver. Il y a lieu de croire que l'état hormonal de ces plantes est profondément perturbé. La suppression quasi totale de la dominance apicale chez les génotypes qui ne parviennent pas à fructifier en est un indice (prolifération continue des yeux axillaires de la tige, particulièrement ceux de la partie basale). Si l'on se réfère aux travaux de MIGINIAC (1971) sur *Scrofularia arguta*, il peut y avoir passage progressif et réversible d'un état purement végétatif à un état reproductif. Les cytokinines provenant des racines contribuent à maintenir ou à restaurer l'état végétatif. On sait depuis longtemps que ces substances retardent la sénescence de feuilles coupées. D'après LIVNE et VAADIA (1965), elles jouent un rôle dans la régulation de la transpiration et interviennent positivement pour prévenir

les effets de la sécheresse ou de la salinité. VAADIA (1970) montre aussi que les plantes soumises à un stress hydrique produisent moins de cytokinines mais davantage d'acide abscissique. Il semble donc exister une relation entre l'état hydrique des plantes et le taux de cytokinines.

Chez l'Aubergine, LENZ (1970) a montré que la transpiration spécifique (rapportée à l'unité de surface de feuille) était plus élevée chez des plantes portant des fruits que chez des plantes auxquelles on a systématiquement retiré les fleurs.

Tous ces faits tendraient à faire admettre que l'équilibre hormonal qui contrôle la fructification et se renforce lorsque celle-ci atteint son plein développement intervient aussi dans l'équilibre hydrique et le fonctionnement stomatique des plantes. Les différences variétales de transpiration spécifique pourraient refléter des différences profondes touchant aux mécanismes biochimiques de synthèse et de régulation hormonale.

Il n'est pas à la portée de laboratoires consacrés à l'amélioration des plantes d'étudier directement ces phénomènes. Une contribution peut cependant être fournie grâce à la constitution des lignées quasi isogéniques ne différant que par leurs caractéristiques hydriques. Un matériel de ce type est en cours de création à notre Station dans l'espèce *Solanum melongena*.

Son étude pourrait permettre une approche nouvelle du problème général de l'adaptation climatique.

Reçu pour publication en avril 1974.

SUMMARY

DIFFERENCES IN TRANSPIRATION RATES BETWEEN VARIETIES OF EGGPLANT AND OTHER SOLANACEAE (*SOLANUM MELONGENA* L., *CAPSIUM ANNUUM* L., *LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.). CONSEQUENCES FOR THE ADAPTATION TO DIFFERENT CLIMATIC CONDITIONS

Highly significant and easily reproducible varietal differences in transpiration rates have been shown with various methods : water consumption, loss of weight and diffusive resistance measurements. These characteristics seem to be linked with known adaptative abilities for winter cultivation in the glasshouse or summer growing in the open field (high rates and low rates for specific transpiration respectively). The most discriminant criterium is the ratio between the daily transpiration and the fresh weight of the plant.

These genetically controlled differences are mainly expressed in the leaves, when the plants are in a phase of very active growth, with a good water supply and under a climatic demand between 0,5 and 3 mm p. day (a broader range of climate has not been studied).

The hydropassive closure of the stomata is the main origin of the very high resistance to water diffusion of the leaves in the glasshouse during the winter. It has been possible to show that this phenomenon is, at least partly, responsible for the varietal differences in the transpiration rates. In winter cultivations under shelter, varieties with low transpiration rate have always lower water deficit, remaining very close to water-saturation. This status seems defavorable for the onset of a normal fruit setting.

A few hypothesis are put forward as to the possible relations between transpiration, water status and fructification of the plants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRS H. D., KLEPPER B., 1968. Cyclic variations in plant properties under constant environmental conditions. *Physiol. Plant.*, **21**, 711-730.
- BAVEL C. H. M. (van), NAKAYAMA F. S., EHRLER W. L., 1965. Measuring transpiration resistance of leaves. *Plant. Physiol.*, **40**, 535-540.
- BERGER A., 1971. *La circulation de l'eau dans le système sol-plante ; étude de quelques résistances, en relation avec certains facteurs du milieu*. Thèse Doctorat, C. N. R. S., n° AO 5232, Université de Montpellier, 224 p.
- BOYER J. S., 1966. Isopiestic technique = measurement of accurate leaf water potentials. *Science*, **154**, 1459-1460.
- ČATSKY J., 1963. Water saturation deficit and photosynthetic rate as related to leaf age in the wilting plant. In : *Water Stress in Plants*, B. SLAVIK (Ed.), Symposium of Prague, Czech. Acad. Sciences, 203-209.
- DAINTY J., 1969. The water relations of plants. In *Physiology of plant growth and development*, M. B. WILKINS (Ed.), McGRAW-HILL London, 421-452.
- HEATH O. V. S., MANSFIELD T. A., 1969. The movement of stomata. In : *Physiology of plant growth and development*, M. B. WILKINS (Ed.), McGRAW-HILL London.
- HURD R. G., GAY A. P., 1972. Stomatal densities of tomato plants. In : *Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst.*, Littlehampton, p. 45.
- KANEMASU E. T., THURTELL G. W., TANNER C. B., 1969. Design, calibration and field use of a stomatal diffusion porameter. *Plant Physiol.*, **44**, 881-885.
- LENZ F., 1970. Einfluss der Früchte auf das Wachstum, den Wasserverbrauch und die Nährstoffaufnahme von Auberginen (*Solanum melongena* L. var. Lange Violette). *Gartenbauwissenschaften*, **35**, 25-35.
- LIVNE A., VAADIA Y., 1965. Stimulation of transpiration in barley leaves by kinetin and gibberellic acid. *Physiol. Plant.*, **18**, 658-664.
- MICHEL B. E., 1972. Solute potentials of sucrose solutions. *Plant Physiol.*, **50**, 196-198.
- MIGINIAC E., 1971. Influence des racines sur le développement végétatif ou floral des bourgeons cotylédonaire chez le *Scrofularia arguta* : rôle possible des cytokinines. *Physiol. Plant.*, **25**, 234-239.
- MOURAVIEV I., 1951. Action de l'hydratation des cellules épidermiques sur l'appareil stomatique. *C. R. Acad. Sci.*, **232**, 1507-1509.
- PARCEVAUX S. (de), 1963. Transpiration végétale et production de matière sèche ; essai d'interprétation en fonction des facteurs du milieu. In : *L'eau de la production végétale*, I. N. R. A., Paris, 63-150.
- PARCEVAUX S. (de), 1972. *Contribution à l'étude des échanges gazeux au niveau des feuilles : rôle des résistances ou longueurs de diffusion en écophysiologie*. Thèse Doctorat, Faculté des Sciences d'Orsay.
- POCHARD E., 1966. Données expérimentales sur la sélection du Piment (*Capsicum annuum* L.). *Ann. Amélior. Plantes*, **16**, 185-197.
- POCHARD E., 1967. L'Aubergine : comportement en culture sous serre. *Rapp. ann., Stat. Amélior. Plantes Maraîchères*, I. N. R. A., Avignon-Montfavet, 15-18.
- POCHARD E., BREUILS G., LAMARTI A., 1971. Essais de production d'Aubergine en serre ; influence du type variétal et du greffage sur Tomate. *Pépiniéristes, Horti., Maraîchers*, **116**, 35-44.
- POCHARD E., 1973. Sélection de l'Aubergine pour la culture en serre. Mise en évidence de différences variétales liées à l'état hydrique des plantes. Conférence présentée lors du Congrès de la S. I. S. H. « Culture légumières sous-abris dans les régions méditerranéennes du 28-4-73 au 5-5-73. *Acta Horticulturae* **42**, 123-142.
- PUECH J., 1973. Évapotranspiration comparée de différentes cultures et étude de quelques facteurs influençant les rythmes de consommation. *Ann. agron.*, **24**, 437-456.
- SCHOCH P. G., 1972. Variation de la densité stomatique de *Capsicum annuum* L. en fonction du rayonnement global. *C. R. Acad. Sci., Sci. D.* **274**, 2496-2498.
- SLATYER R. O., 1967. *Plant-water relationships*. Academic Press, London and New York, 366 p.
- STÄLFELT M. G., 1955. The stomata as a hydrophotic regulator of the water deficit in the plant. *Physiol. Plant.*, **8**, 572-593.
- STÄLFELT M. G., 1966. The role of the epidermal cells in the stomatal movements. *Physiol. Plant.*, **19**, 241-256.
- TURNER N. C., 1972. The measurement of water status in healthy and diseased plants. In : *Phytotoxins in Plant Diseases*, R. K. S. WOOD, A. BALLIO, A. GRANITI., (Ed.) Acad. Press, London, 407-412.
- VAADIA Y., 1970. Biology and irrigation research. In : *Proc. 18th Int. Congr. Hort.*, Tel Aviv, **2**, 61-69.
- VIEIRA DA SILVA J. B., 1970. Influence de la sécheresse sur la photosynthèse et la croissance du Cotonnier. In : *Réponse des plantes aux facteurs climatiques*, Actes du Colloque d'Uppsala, R. O. SLATYER (Ed) UNESCO, Paris, 213-220., 1973.

LA MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE
DE L'ASPERGE (*ASPARAGUS OFFICINALIS* L.).
ACTION DE DIVERS FACTEURS, EN PARTICULIER
DE LA NUTRITION MINÉRALE, SUR LE DÉVELOPPEMENT
DES MÉRISTÈMES D'ASPERGE, SUR LA CROISSANCE
DES PLANTULES ISSUES DE CES MÉRISTÈMES
ET SUR LA PRODUCTION DE PLANTES ADULTES

C. TENDILLE et M. LECERF

*Station de Physiologie végétale,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78000 Versailles*

RÉSUMÉ

Les essais effectués sur la multiplication végétative de l'Asperge, au moyen de la culture de méristèmes caulinaires, ont été conduits dans le but de préciser l'influence de la nutrition minérale et de divers substrats (gélose, sephadex, coton) sur l'enracinement des méristèmes en culture stérile. Ces essais permettent de constater que la nutrition minérale des méristèmes conditionne la formation des griffes lors de la culture ultérieure en conditions normales.

Le passage des jeunes plantules enracinées de la vie hétérotrophe en milieu stérile à la vie autotrophe en milieu horticole est difficile. Il est alors nécessaire d'alimenter les plantules avec une solution nutritive minérale équilibrée et de soumettre ces plantules à un thermopériodisme.

La composition des divers milieux utilisés en culture stérile est précisée ainsi que les conditions de culture postérieures. Les résultats obtenus sont discutés.

I. — INTRODUCTION

La multiplication végétative de l'Asperge est un problème important en recherche horticole. En effet l'Asperge, plante dioïque ne peut se reproduire que par fécondation croisée ce qui conduit à une forte hétérogénéité génétique.

Il s'agit donc de réussir une multiplication végétative qui permettra d'obtenir des clones à partir d'individus jugés intéressants pour leurs qualités de géniteurs.

Des essais préliminaires ont permis de connaître les qualités agronomiques de ces géniteurs qui pourront, après avoir été multipliés végétativement, constituer des champs de porte-graines.

Les essais que nous avons effectués pour réussir la multiplication végétative de l'Asperge à partir de cultures de méristèmes ont surtout été conduits dans le but de préciser l'influence de la nutrition minérale sur l'obtention d'un pourcentage élevé de plantules enracinées en culture stérile et ensuite sur l'obtention, en culture horticole, d'un pourcentage élevé de plantes possédant une griffe.

Le problème de la réussite de la culture de méristèmes caulinaires d'Asperge est double.

1. — *Problème de l'obtention de plantules enracinées*

Il nous a semblé intéressant d'examiner divers facteurs.

a) *La composition de la solution nutritive.*

De nombreux travaux ont déjà été consacrés à l'influence de la nutrition minérale sur le développement de cultures de tissus. En 1962, MURASHIGE et SKOOG ont examiné l'influence de milieux nutritifs classiques, en particulier ceux de White, de Gautheret, de Heller etc., sur la croissance de moelle de tabac ; après une étude très poussée, ils ont mis au point un milieu nutritif riche en azote et en potassium et où la forme ammonium représente environ un tiers de l'azote total.

En 1972, MURASHIGE *et al.* notent que pour la culture de méristèmes d'Asperge il faut ajouter à leur milieu nutritif mis au point en 1962, en particulier, 170 mg/l de phosphate monosodique soit 3,7 équivalents milligrammes par litre d'ions PO_4 .

MOREL avait signalé en 1964 que les méristèmes apicaux de Pomme de terre et de Tournesol ont besoin, pour se développer, d'une forte concentration du milieu en ions K^+ et NH_4^+ . Nous constatons qu'il existe de très nombreuses formules de solutions nutritives et que ces solutions diverses ont été utilisées pour des cultures diverses.

Dans un premier temps nous avons étudié pour la culture de méristèmes d'Asperge (TENDILLE, 1973) :

- l'influence de l'anion accompagnateur du potassium. Nous avons testé quatre milieux renfermant soit du chlorure de potassium, soit du phosphate de potassium, soit du sulfate de potassium, soit du nitrate de potassium et dans lesquels la teneur en potassium était identique (10 équivalents milligrammes par litre). C'est le milieu nitrate de potassium qui donne les meilleurs résultats, c'est-à-dire le plus fort pourcentage de méristèmes enracinés ;

- l'influence du rapport potassium sur calcium ; on constate que la présence de calcium est nécessaire et que le cation prédominant doit être le potassium ;

- l'influence du rapport azote nitrique sur azote ammoniacal ; un sixième ou un septième de l'azote doit être apporté sous forme ammoniacale ;

- la comparaison entre la solution de MURASHIGE et SKOOG (1962) et notre solution appelée « KNO_3 », établie d'après les résultats des essais résumés ci-dessus,

montre que la solution de MURASHIGE et SKOOG, relativement concentrée en macroéléments permet un bon développement des parties aériennes mais donne un pourcentage de méristèmes enracinés moyen. Par contre la solution « KNO_3 » conduit à un pourcentage d'enracinement meilleur, mais les parties aériennes sont moins développées.

Dans un deuxième temps nous avons poursuivi la comparaison entre diverses solutions nutritives dont la composition en macroéléments est différente. Nous donnons dans cet article le résultat de ces expériences.

b) *La texture plus ou moins compacte de divers substrats sur lesquels se développent puis s'enracinent les méristèmes.*

Le milieu gélosé classique est compact, nous avons donc utilisé d'autres substrats comme le gel sephadex G-200 (dextrane modifié) (BOURGIN, MULLER, MOREL, 1973) et le coton.

c) *La concentration d'une auxine, l'acide α -naphtalène-acétique (ANA).*

Cette auxine est indispensable au développement des méristèmes d'Asperge.

2. — *Problème de l'obtention de plantes possédant une griffe*

Le passage de la vie hétérotrophe, en milieu stérile, de la jeune plantule enracinée, à une vie autotrophe non protégée est un stade très difficile à franchir.

Un bon pourcentage de réussite finale dépend tout d'abord des divers facteurs cités précédemment qui permettent d'obtenir de vigoureuses plantules enracinées mais dépend aussi des conditions particulières de nutrition, d'éclairage et de température dans lesquelles seront placées ces plantules lors de leur culture horticole.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — *Culture sur milieux stériles des méristèmes d'Asperge*

a) *Matériel végétal. Prélèvement des méristèmes.*

Les méristèmes caulinaires d'Asperge (*Asparagus officinalis* L.) ont été prélevés sur un clone mâle dénommé « Costaud » qui intéressait particulièrement la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles.

On prélève, en conditions aseptiques, et on dispose sur les milieux nutritifs les méristèmes caulinaires. On peut prélever environ deux cents méristèmes sur un turion d'asperge.

b) *Les solutions nutritives.*

Nous avons mis en culture en mars 1973 soixante méristèmes sur chaque milieu nutritif utilisé.

Nous avons utilisé la solution de MURASHIGE et SKOOG, la solution appelée « KNO_3 » mais aussi une solution « KNO_3 » concentrée 1, 66 fois et une solution « KNO_3 » concentrée 3, 33 fois, cette dernière solution est alors à une concentration en macroéléments comparable à celle de la solution de MURASHIGE et SKOOG (tabl. 1).

TABLEAU I

Composition en cations et en anions des quatre solutions nutritives utilisées pour la culture des méristèmes en milieux stériles
(en équivalents milligrammes par litre de solution)

MURASHIGE et SKOOG, 1962						» KNO ₃ »					
	NO ₃	PO ₄ *	SO ₄	Cl	Total		NO ₃	PO ₄ *	SO ₄	Cl	Total
K	18,8	1,25 0,15			20,2	K	8	0,6 0,08		1,4	10,08
Na				0,2	0,2	Na				0,2	0,2
Ca				6	6	Ca	1,2				1,2
Mg			3		3	Mg			1		1
NH ₄	20,6				20,6	NH ₄	2				2
H		2,5 0,07			2,57	H		1,2 0,04			1,24
Total	39,4	3,97	3	6,2	52,57	Total	11,2	1,92	1	1,6	15,72

1,66 × « KNO ₃ »						3,33 × « KNO ₃ »					
	NO ₃	PO ₄ *	SO ₄	Cl	Total		NO ₃	PO ₄ *	SO ₄	Cl	Total
K	13,3	1 0,16		2,3	16,76	K	26,6	2 0,4		4,7	33,7
Na				0,3	0,3	Na				0,7	0,7
Ca	2,0				2,0	Ca	4				4,0
Mg			1,7		1,7	Mg			3,4		3,4
NH ₄	3,3				3,3	NH ₄	6,7				6,7
H		2 0,08			2,08	H		4 0,2			4,2
Total	18,6	3,24	1,7	2,6	26,14	Total	37,3	6,6	3,4	5,4	52,7

* Chiffre supérieur, phosphate monopotassique. Chiffre inférieur, phosphate bipotassique.

c) *Substrat sur lequel les méristèmes sont mis en culture.*

Nous avons utilisé trois substrats : la gélose (bacto agar) à 6 g/l, un gel de sephadex G-200 à 35 mg/ml et du coton.

d) *Concentration en acide α -naphtalène-acétique ANA.*

Nous avons utilisé l'ANA soit à la concentration de 0,1 mg par litre pendant toute la durée de la culture stérile en tubes, soit à la concentration de 1 mg par litre pendant vingt-trois jours.

Dans ce dernier cas les méristèmes sont repiqués sur un milieu ne contenant pas d'ANA. Nous signalons que MURASHIGE *et al.* en 1972 préconisent l'emploi de l'ANA à la concentration de 0,3 mg par litre.

e) *Autres composants des solutions nutritives.*

Les oligoéléments ont été apportés au milieu de MURASHIGE et SKOOG à la concentration indiquée par ces auteurs.

Ils ont été apportés à la solution « KNO_3 » aux concentrations suivantes exprimées en millimoles par litre : bore 0,03, manganèse 0,01, zinc 0,003, cuivre 0,001, molybdène 0,0002, fer 0,10. Nous n'apportons ni cobalt ni iode. Toutes les solutions nutritives reçoivent 0,1 mg/litre de vitamine B_1 ou thiamine, 0,1 mg/litre d'acide gibbéréllique, 0,1 mg/litre de kinétine et 20 g/litre de saccharose. Le pH est ajusté à 5,6.

Les différents milieux nutritifs mis en comparaison sont :

TABLÉAU 2

Milieu	Solution nutritive	ANA (mg/l)	Repiquage	Substrat
A	MURASHIGE et SKOOG	0,1	non	gélose
B	—	1	oui	gélose
C	—	1	oui	sephadex
D	« KNO_3 »	0,1	non	gélose
F	—	1	oui	gélose
G	—	1	oui	sephadex
H	—	1	oui	coton
L	$1,66 \times \text{« KNO}_3 \text{»}$	0,1	non	gélose
M	—	1	oui	gélose
N	$3,33 \times \text{« KNO}_3 \text{»}$	0,1	non	gélose

f) *Préparation des milieux nutritifs.*

Les différents milieux nutritifs que nous avons utilisés ont été répartis dans des tubes de verre (diamètre 22 mm, hauteur 135 mm) à raison de 15 ml par tube.

Les tubes sont fermés hermétiquement avec des bouchons en élastomère silicone « Rhodorsil ». Tous les tubes et leurs milieux nutritifs sont stérilisés à l'autoclave à 110°C pendant vingt minutes, sauf les tubes qui contiennent le substrat sephadex G-200.

Dans ce cas il faut stériliser d'une part les tubes contenant le sephadex seul et d'autre part la solution nutritive. Après refroidissement des tubes et de la solution nutritive, on verse dans chaque tube 15 ml de solution et on bouche les tubes immédiatement. Cette opération est effectuée dans une pièce stérile. Pour l'ensemble de l'expérience le pourcentage de tubes contaminés a été de 1,3 p. 100.

Les tubes de culture sont placés dans une pièce à température constante de 24°C et ils sont éclairés chaque jour pendant 16 heures à une intensité lumineuse moyenne de 2 500 lux.

2. — *Culture de jeunes plantules d'Asperge en milieu horticole*

Une remarque s'impose : nous appelons méristème enraciné toute plante qui possède au moins un départ racinaire, mais un enracinement vigoureux est nécessaire pour espérer un démarrage ultérieur des plantules en culture en conditions normales ; c'est la raison pour laquelle nous ne mettons pas en culture la totalité des méristèmes enracinés. Nous verrons que le pourcentage de méristèmes enracinés mis en culture est fonction de la composition des milieux de culture.

a) *Substrat cultural.*

Nous avons utilisé soit de la vermiculite, soit du sable quartzeux, soit un mélange vermiculite tourbe (6/1 en volume).

b) *Alimentation des plantules d'Asperge.*

Toutes les plantules sont arrosées avec une solution nutritive complète (tabl. 3), contenant des oligoéléments. Cette solution d'arrosage a une composition voisine de celle de la solution nutritive « KNO_3 » utilisée pour la culture en milieu stérile. Dans les deux solutions un septième de l'azote est sous forme ammoniacale et la concentration en macroéléments est presque la même.

Mais la modalité d'apport de cette solution nutritive varie avec le substrat utilisé. La vermiculite est arrosée manuellement tous les deux jours jusqu'à drainage alors que le sable est arrosé automatiquement à raison de 100 ml de solution tous les quarts d'heure. On place 1 plantule par pot de 0,18 dm³ de vermiculite, et 3 plantules par pot de 10 dm³ de sable.

c) *Contrôle des conditions climatiques.*

Les plantes sur sable sont placées dans une serre, elles subissent donc des éclaircissements, des températures et des degrés hygrométriques non contrôlés.

Par contre les plantes sur vermiculite sont placées en enceintes climatisées. La durée d'éclaircissement est de 16 heures, l'intensité lumineuse est de 7 500 lux, l'humidité est maintenue à 80 p. 100.

Le thermopériodisme est un facteur très important. Une température constante de 27°C, pendant les périodes d'éclaircissement et d'obscurité, ne permet que très difficilement la formation de griffes et donc la reprise des plantules.

Nous avons été amenés à régler la température à 27°C pendant les 16 heures d'éclaircissement et à 13°C pendant les 8 heures d'obscurité.

d) *Culture en serre des plantules qui ont formé une griffe.*

Les jeunes plantules qui ont formé une griffe en enceinte climatisée sont mises en culture en serre dans des pots de végétation (3 dm³) qui contiennent un mélange de vermiculite et de tourbe (rapport 6/1 en volume). Elles sont arrosées tous les deux jours avec la solution nutritive complète (tabl. 3).

TABLEAU 3

Composition de la solution nutritive utilisée pour l'arrosage des plantules enracinées d'Asperge cultivées soit en enceintes climatisées sur substrat vermiculite, soit en serre sur substrat sable soit en serre sur substrat tourbe vermiculite, en équivalents milligrammes par litre de solution.

	NO_3	PO_4	SO_4	Cl	Total
K	4	0,75 0,50			5,25
Na				0,2	0,2
Ca	6				6
Mg			1,5		1,5
NH_4	2				2
H		1,50 0,25			1,75
Total	12	3,00	1,5	0,2	16,7

III. — RÉSULTATS

1. — *Enracinement des méristèmes lors de la culture stérile en tubes sur divers milieux nutritifs*

Nous constatons que le nombre de méristèmes enracinés est particulièrement élevé pour les milieux F, G et H (voir tabl. 2) mais aussi pour le milieu M, c'est-à-dire pour des milieux soit « KNO_3 » soit 1,66 « KNO_3 » ayant contenu pendant 23 jours de l'ANA à la concentration de 1 mg par litre.

Par contre les méristèmes qui se nourrissent sur les milieux A, D, L, et N et sur les milieux B et C s'enracinent mal.

Ces milieux ou bien contiennent peu d'ANA (0,1 mg par litre) ou bien sont constitués par une solution nutritive de MURASHIGE et SKOOG.

2. — *Influence des milieux de culture sur la vigueur de l'enracinement des méristèmes qui conditionnera la possibilité de mise en culture horticole*

Nous avons déjà signalé que le pourcentage de méristèmes enracinés mis en culture horticole dépend de la composition des milieux de culture. Nous remarquons (tabl. 4) que les méristèmes des milieux A, D, L et N ne s'enracinent que faiblement, et donc que le pourcentage des méristèmes enracinés qui peuvent être mis en culture horticole est faible.

Par contre les méristèmes des milieux C (MURASHIGE et SKOOG substrat sephadex) G (KNO_3 -substrat sephadex) H (KNO_3 -substrat coton) et M (1,66 $\times$ « KNO_3 »-substrat gélosé) se sont suffisamment bien enracinés pour qu'un très fort pourcentage d'entre eux soit mis en culture.

3. — *Culture horticole des méristèmes enracinés.**Passage de la vie hétérotrophe à la vie autotrophe des plantules d'Asperge*

a) Les plantules enracinées, mises en culture en enceintes climatisées sur de la vermiculite ont, pour l'ensemble de neuf milieux de culture, donné 67 plantes adultes, soit une réussite de 38 plantes adultes pour 100 plantules enracinées mises en culture (aucun méristème enraciné du milieu N n'a été mis en culture sur vermiculite).

Ceci est un résultat global, mais les divers milieux se sont comportés différemment.

Les milieux A, B et C (solution de MURASHIGE et SKOOG) n'ont pas permis un bon pourcentage de réussite (15 p. 100), alors que les milieux F, G, H (solution « KNO_3 ») permettent finalement un fort pourcentage de réussite (55 p. 100).

Donc les méristèmes d'Asperge placés en tubes stériles sur des milieux de culture différents donnent finalement des pourcentages de réussite très variables suivant les milieux de culture.

Il semble utile de préciser, que les conditions de thermopériodisme dans lesquelles sont placées les plantules en enceintes climatisées conditionnent la formation de jeunes griffes.

TABLEAU 4

Clone mâle « Costaud »	Nombre de méristèmes (a)	Nombre de méristèmes enracinés (b)	Méristèmes enracinés mis en culture « horticole »		Plantes ayant formé une griffe						
					sur vermiculite		sur sable en solution nutritive coulante		Nombre total (1 + 2)	% des méristèmes (cf. col. a)	% des méristèmes enracinés (cf. col. b)
			Nombre (c)	$\frac{c}{b} \times 100$	Nombre (1)	% des méristèmes enracinés mis en culture « horticole »	Nombre (2)	% des méristèmes enracinés mis en culture « horticole »			
<i>Milieu</i>											
A	58	42	21 (11* + 10)**	50	2	18,2	1	10,0	3	5	7,1
B	57	30	19 (14 + 5)	63	3	21,4	0	0	3	5,2	10,0
C	58	22	20 (13 + 7)	90	1	7,7	0	0	1	1,7	4,5
D	60	36	19 (11 + 8)	52	4	36,3	0	0	4	6,6	11,1
F	60	55	41 (33 + 8)	74	17	51,5	3	37,5	20	33,3	36,3
G	59	46	44 (27 + 17)	95	16	59,2	2	11,8	18	30,0	39,1
H	59	52	46 (28 + 18)	90	16	57,1	2	11,1	18	30,0	34,6
L	60	38	8 (6 + 2)	21	1	16,6	0	0	1	1,7	2,6
M	60	55	49 (30 + 19)	90	7	23,3	2	10,5	9	15,0	16,3
N	59	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* Le premier chiffre correspond au nombre de méristèmes mis en culture sur vermiculite en enceintes climatisées.

** Le deuxième chiffre correspond au nombre de méristèmes mis en culture sur sable en solution nutritive coulante.

b) Les résultats constatés en culture sur vermiculite sont confirmés par ceux des cultures sur sable en solution nutritive « coulante », mais dans ce dernier cas les résultats sont inférieurs.

En effet, les plantules ont été repiquées sur sable en serre pendant le mois de juillet, elles ont souffert des conditions climatiques (chaleur, sécheresse de l'atmosphère). Ceci explique peut-être que le pourcentage global de réussite n'ait été que de 10 p. 100 alors qu'il est de 38 p. 100 pour la culture sur vermiculite. Mais un certain nombre de méristèmes cultivés sur les trois milieux F, G et H ont donné finalement des plantes adultes, ce qui n'est pas le cas pour les méristèmes cultivés sur les milieux de culture B, C, D et L.

Nous constatons, là aussi, l'influence de la nutrition minérale des méristèmes en culture stérile sur la possibilité d'obtenir finalement des plantes adultes.

La figure 1 indique le laps de temps nécessaire pour obtenir des méristèmes enracinés, celui nécessaire pour la formation d'une griffe lors de la culture en enceintes climatisées et celui nécessaire pour que les jeunes plantes ayant une griffe donnent des plantes adultes lors de la culture en serre.

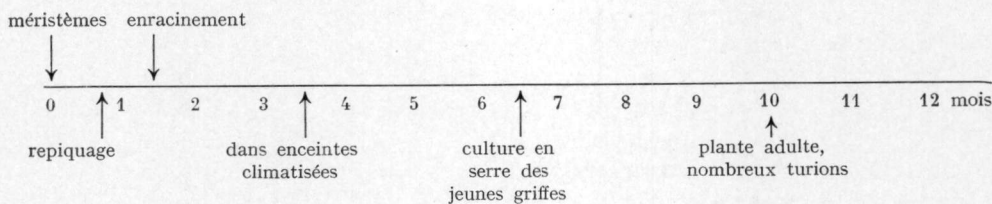


FIG. 1.

Les durées indiquées en mois, représentent une moyenne ; en fait les résultats sont assez dispersés. Nous indiquons un laps de temps de 10 mois pour obtenir de belles plantes adultes, en réalité ce temps varie de 7 mois à 13 mois.

Le passage des jeunes plantes de la culture en enceintes climatisées à la culture en serre sur substrat tourbe-vermiculite ne pose aucun problème important, les pertes à ce stade de la culture ne sont que de 8 p. 100 environ.

IV. — CONCLUSION

Ces essais de culture de méristèmes caulinaires d'Asperge sur divers milieux nutritifs, montrent l'influence de la nutrition minérale des méristèmes sur l'obtention d'un fort pourcentage de plantes adultes.

La nutrition minérale ne conditionne pas uniquement la formation de la plantule enracinée dans le milieu de culture stérile mais aussi l'aptitude de cette plantule à former une griffe.

Il ressort de l'utilisation des substrats sephadex et coton que le sephadex G-200 permet le développement d'un système racinaire vigoureux avec des racines pourvues de poils absorbants. BOURGIN, MULLER et MOREL (1973) avaient constaté ce bon développement racinaire mais notaient un effet légèrement défavorable du gel sur la croissance des tiges et des cladodes. Nous n'avons pas remarqué cet effet défavorable.

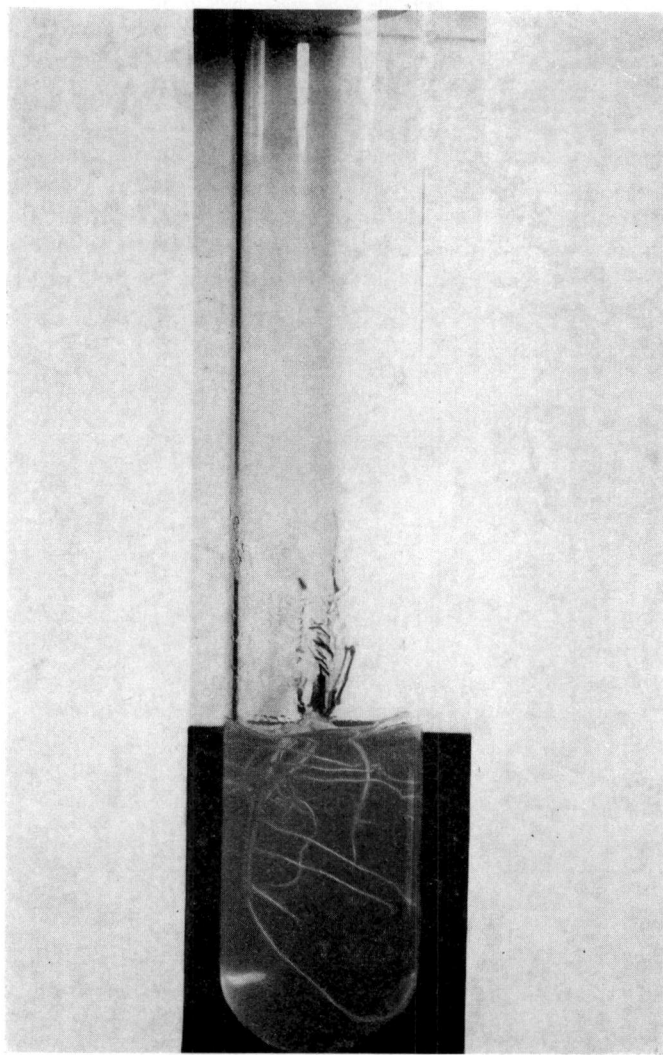


FIG. 2. — *Méristème d'Asperge enraciné sur substrat gélose*

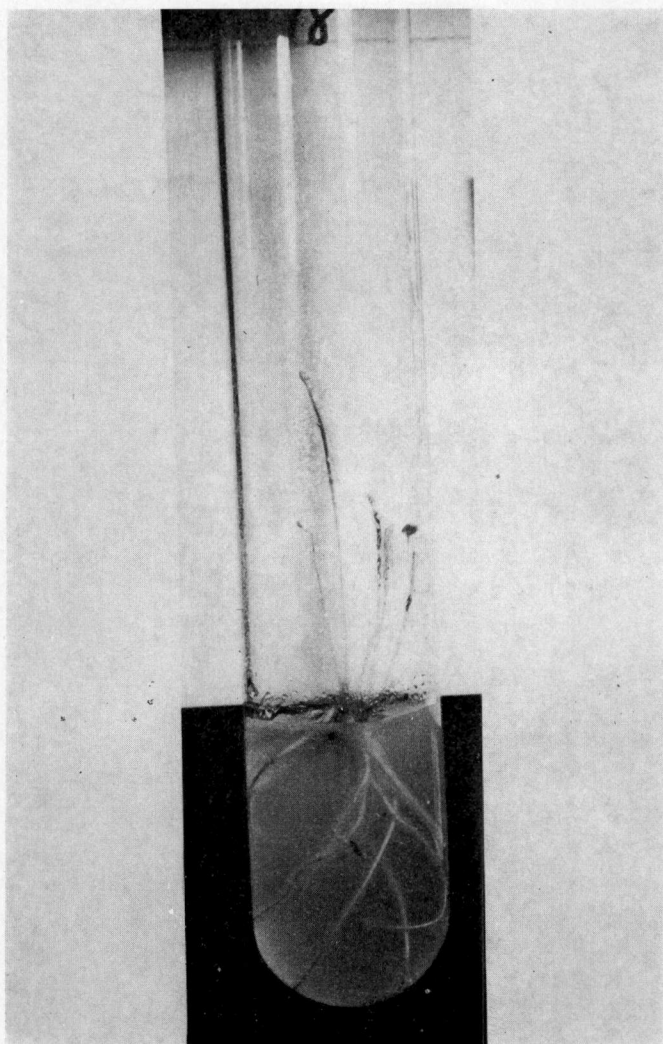


FIG. 3. — *Méristème d'Asperge enraciné sur substrat sephadex*

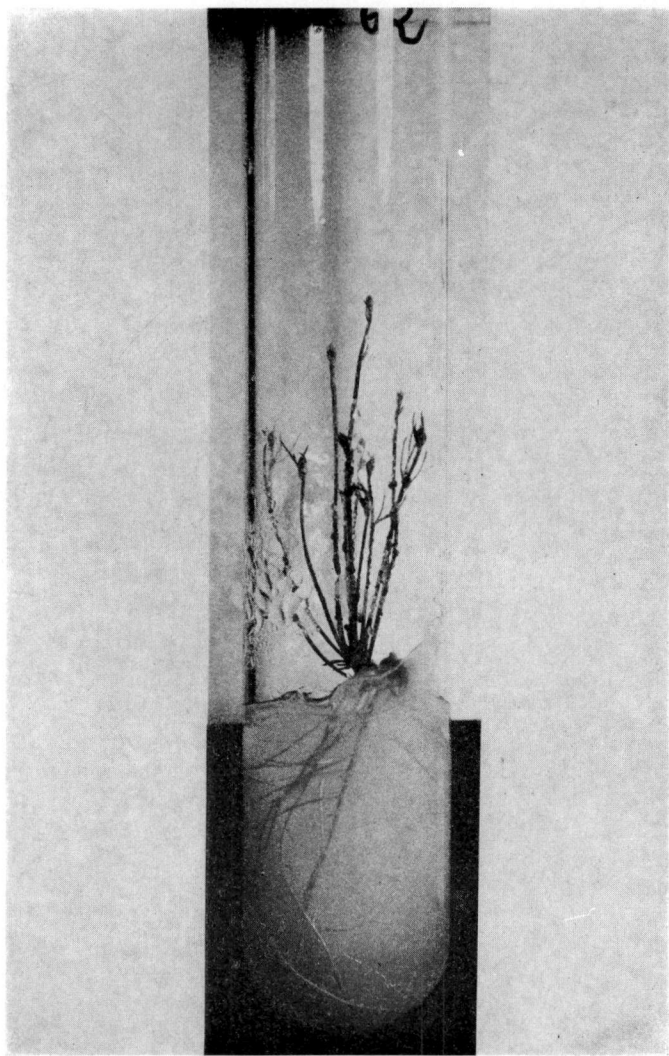


FIG. 4. — *Méristème d'Asperge enraciné sur substrat coton*

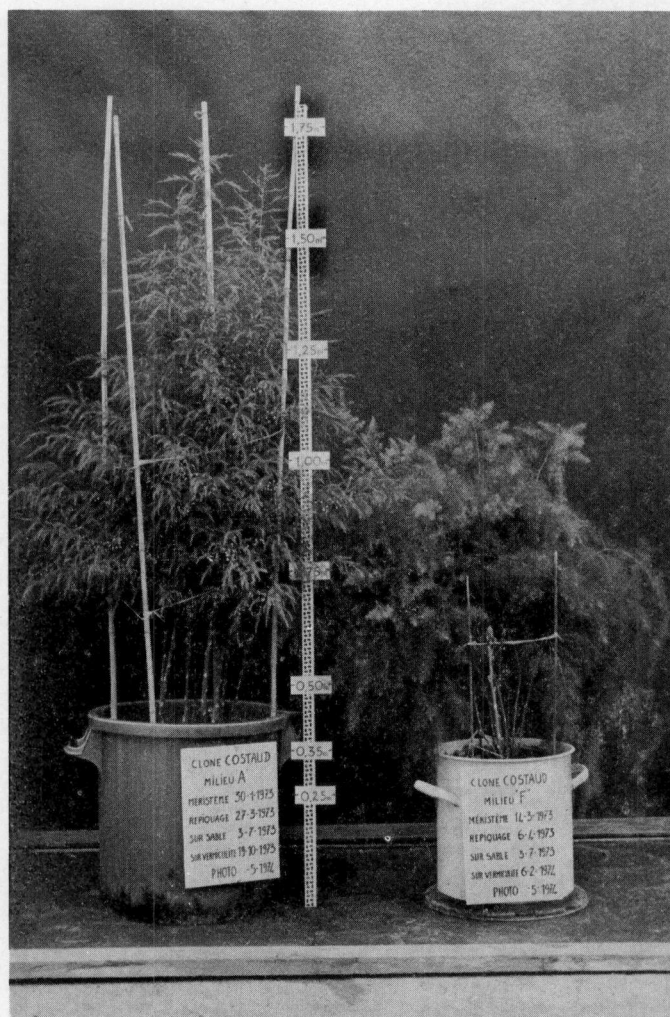


FIG. 5. — Plantes adultes obtenues à partir de méristèmes

Le coton donne aussi de très bons résultats. Sur ce substrat les racines sont nombreuses, fines, avec de nombreux poils absorbants, les tiges et les cladodes se développent très bien (fig. 3, 4 et 5).

Nous avons constaté que la culture des plantules enracinées sur de la vermiculite dans des enceintes climatisées, permet sous l'influence d'un thermopériodisme d'atteindre un bon pourcentage de réussite (fig. 5).

Ce thermopériodisme peut permettre à la jeune plantule de constituer des réserves racinaires et peut donc favoriser la formation des griffes.

Cette expérience a été réalisée avec un clone d'asperge mâle.

Nous avons commencé une expérience similaire avec un clone d'asperge femelle.

Reçu pour publication en mai 1974.

SUMMARY

PROPAGATION OF ASPARAGUS (*ASPARAGUS OFFICINALIS* L.).

INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS, ESPECIALLY OF MINERAL NUTRITION, ON THE GROWTH OF ASPARAGUS MERISTEMS AND DERIVING PLANTLETS AND ON THE PRODUCTION OF ADULT PLANTS

Assays were undertaken to develop successful propagation of Asparagus, and thus to obtain clone multiplication from plants selected for their cultural qualities.

We give a detailed study on the influence of mineral nutrition and various substrates (agar, sephadex, cotton) on meristem root initiation under sterile conditions. Ten culture mediums with different nutrient solutions, culture substrates or contents in naphthalen acetic acid are examined.

Rooted meristems cultured under sterile conditions on a nutrient medium with saccharose are heterotrophic, and consequently ill adapted to the autotrophic conditions of horticultural production and to the formation of crowns.

We demonstrate that satisfactory results can only be obtained at this stage when plantlets are supplied with a balanced nutritive solution and submitted to thermoperiodism.

Results disclose that mineral nutrition not only acts on the formation of plantlets rooted in a sterile culture medium, but also on the capacity to initiate crowns.

One of the results is noteworthy : the three culture mediums F, G and H (prepared with the nutritive solution defined by us and agar, sephadex or cotton as substrate) allow to obtain 49 adult asparagus out of the 88 rooted meristems cultured on vermiculite in climatic chambers.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOURGIN J.-P., MULLER J. F., MOREL G., 1973. La multiplication végétative de l'Asperge (*Asparagus officinalis* L.). 96^e Congrès national des Sociétés savantes, Toulouse 1971, Science, t. IV, p. 107-112.
- HASEGAWA P. M., MURASHIGE T., TAKATORI F. H., 1973. Propagation of asparagus through shoot apex culture. II. Light and temperature requirements, transplantability of plants, and cyto-histological characteristics. *J. Amer. Soc. hort. Sci.*, **98**, 2, 143-148.
- MOREL G., MULLER J. F., 1964. La culture *in vitro* du méristème apical de la Pomme de terre. *C. R. Acad. Sci.*, **258**, 21, 5250-5252.
- MURASHIGE T., SKOOG F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with Tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.*, **15**, 473-497.
- MURASHIGE T. *et al.*, 1972. Propagation of asparagus through shoot apex culture. I. Nutrient medium for formation of plantlets. *J. Amer. Soc. hort. Sci.*, **97**, 2, 158-161.
- TENDILLE C., 1973. Multiplication végétative des asperges (*Asparagus officinalis* L.). Nutrition minérale des méristèmes et des plantules en résultant. 4^e Réunion sur la Sélection de l'Asperge. *Eucarpia*, Versailles, 143-154.

ESSAI D'INDUCTION DE LA PARTHÉNOGENÈSE HAPLOÏDE PAR ACTION DU PROTOXYDE D'AZOTE SUR LES FLEURS DE PIMENTS (*CAPSICUM ANNUUM* L.)

R. DUMAS de VAULX et E. POCHARD

Station d'Amélioration des Plantes maraîchères,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
84140 Montfavet

RÉSUMÉ

Les traitements au protoxyde d'azote appliqués *in vitro* à des moments précis de la germination du pollen de Piment (cv « Nigrum ») induisent la formation d'un seul gamète mâle diploïde dans la majorité des tubes polliniques. Les mêmes traitements appliqués à des fleurs pollinisées manuellement ont pour effet de réduire considérablement la fécondité du pollen mais ne provoquent pas la formation d'embryons haploïdes non-jumeaux à des taux significatifs.

Chez l'une des lignées à l'essai (« Doux-des-Landes » 1 B) ces traitements ont un effet sur le gamétophyte femelle qui conduit à une augmentation importante de la fréquence des haploïdes jumeaux (couples haplo-diploïdes ou triplés haplo-haplo-diploïdes). Des haploïdes solitaires apparaissent également sans que le gamétophyte mâle soit impliqué. L'efficacité maximum est obtenue par des traitements du sac embryonnaire avant le stade quatre noyaux. On suppose que le protoxyde d'azote peut avoir une action sur le maintien (ou l'acquisition) d'un pouvoir embryogène par certaines cellules du gamétophyte femelle, vraisemblablement les synergides.

INTRODUCTION

Nombreux sont les laboratoires qui poursuivent actuellement des recherches pour l'obtention de plantes haploïdes par culture d'anthers *in vitro*. Cependant, au sein d'une même espèce, les résultats sont souvent irréguliers, sous la dépendance de facteurs encore mal connus (PELLETIER et ILAMI, 1972). Il semble intéressant de ne pas négliger les efforts pour l'analyse et l'exploitation de l'haploïdie naturelle, spontanée ou provoquée. Il n'est pas inutile de rappeler que dans l'amélioration

d'espèces aussi importantes que le Maïs ou la Pomme de terre, l'haploïdie naturelle joue un rôle de plus en plus important (CHASE, 1969 ; HOUGAS et PELOQUIN, 1958 ; HERMSEN et VERDENIUS, 1973).

Le Piment (*Capsicum annuum* L.) est une espèce chez laquelle on a signalé depuis fort longtemps la formation spontanée d'embryons haploïdes (monoploïdes) (CHRISTENSEN et BAMFORD, 1943). D'après MORGAN et RAPPEYE (1950) et suivant nos propres observations (POCHARD, 1969) ces haploïdes apparaissent surtout sous la forme de jumeaux, à des taux variant de 1 à 10 p. 10 000 graines germées. Chez la plupart des variétés, l'origine cytologique de ces plantes n'est pas connue mais l'on sait que le partenaire de l'haploïde est d'origine sexuée (pas d'aposporie) et de structure diploïde dans la plupart des cas (MORGAN et RAPPEYE, 1954). Les couples purement haploïdes sont très rares ; nous n'en avons jamais rencontré dans des lots témoins alors que plusieurs centaines de couples haplo-diploïdes ont été isolés et caractérisés. Les haploïdes solitaires n'apparaissent qu'à des taux environ dix fois plus faibles que les jumeaux. Nous n'en avons trouvé que dans les lignées qui montraient les taux les plus élevés de gémellité haploïde, ce qui nous incite à croire qu'ils résultent du même phénomène fondamental.

Nous avons entrepris des recherches pour tenter d'augmenter le taux d'apparition des haploïdes chez *Capsicum annuum*. L'une des voies consiste à sélectionner pour l'aptitude naturelle en recroisant les haploïdes obtenus dans des matériels distincts, après doublement du génome (données prochainement publiées).

Les résultats qui sont rapportés ici concernent l'étude de l'effet du protoxyde d'azote (N_2O) appliqué à divers stades de développement du gamétophyte femelle, avant ou après fécondation. Parmi les divers agents mitoclasiques connus, ce gaz est le seul qui permette d'appliquer des traitements à des moments très précis et pendant de courtes périodes. Il est peu phytotoxique et son emploi sur des organes floraux est réalisé couramment (BERTHAUT, 1968, sur Trèfle violet).

La première hypothèse à tester est la suivante : la production d'un seul gamète mâle par action du protoxyde au moment de la seconde mitose pollinique permet elle la formation d'embryons parthénogénétiques à des taux importants ? Il ne s'agit pas de renforcer une tendance préexistante comme chez la Pomme de terre (MONTEZUMA de CARVALHO, 1967) mais de faire apparaître un phénomène nouveau. De plus, si un effet positif est décelé, il convient de déterminer si une action sur le gamétophyte femelle n'a pas joué un rôle important car les traitements sont appliqués à des fleurs fécondées depuis quelques heures et peuvent concerner de nombreux processus différents (les Solanacées possèdent des grains de pollen binucléés et la seconde mitose pollinique a lieu dans le style). La seconde hypothèse est la suivante : le protoxyde d'azote n'a-t-il pas une action plus générale sur le développement et la différenciation du gamétophyte femelle conduisant à un renforcement de la tendance parthénogène et, si oui, à quel moment de ce développement l'effet du traitement est-il le plus sensible ?

L'action d'une substance à effet multiple comme le N_2O peut perturber le déroulement de la gamétogenèse, de la fécondation aussi bien que les premiers stades du développement du zygote. Il convient donc de préciser les différentes origines possibles des embryons haploïdes qui pourraient survenir à la suite de ces traitements.

En examinant la littérature, il semble que l'on puisse classer en trois groupes principaux les cas d'haploïdie qui ont été étudiés et analysés en détail.

Le premier groupe rassemblerait les cas de parthénogenèse haploïde survenant après fécondation de la cellule œuf et fusion nucléaire (au moins partielle). Le phénomène essentiel est l'élimination d'un génome entier, généralement le génome paternel mais quelquefois le génome maternel. Ces cas résultent le plus souvent d'hybridation éloignée. Les cas les mieux étudiés concernent le genre *Hordeum* (CAUDERON et CAUDERON, 1956 ; KASHA et KAO, 1970). Les cas de semigamie observés chez *Gossypium barbadense* par TURCOTTE et FEASTER (1969) dans une lignée donnant jusqu'à 65 p. 100 d'haploïdes sont probablement l'indice d'un phénomène de rejet de même nature mais qui serait incomplet puisque l'on observe la formation de chimères haploïdes à tissus paternels et maternels juxtaposés. Les irradiations appliquées au zygote avant la première division (CORNU et MAIZONNIER, 1970, chez le Pétunia) rentrent vraisemblablement dans cette catégorie. Par extension on pourrait y ajouter les traitements aux radiations ionisantes appliqués au pollen, par exemple par GOODSPEED et AVERY chez *Nicotiana glutinosa* dès 1929, ou DULIEU (1964) chez *Nicotiana Sanderæ*, ou encore aux ovules avant fécondation (EHRENSBERGER, 1948, chez *Antirrhinum majus*) : dans ce dernier exemple, l'haploïde obtenu était purement paternel. Il est évident que dans les cas d'irradiations, d'autres phénomènes peuvent survenir. Cependant LANGE (1971) remarque que l'élimination de génomes entiers comme celui de *Hordeum bulbosum* dans les croisements *H. vulgare* $\times$ *H. bulbosum*, fait suite à la disparition du satellite correspondant donc, vraisemblablement, de l'organisateur nucléolaire. Il n'est pas interdit de supposer que les traitements par irradiations agissent par un processus analogue : la destruction d'une fraction particulière du génome pourrait entraîner le rejet ultérieur du génome entier.

On pourrait classer dans un second groupe les cas où la fécondation a lieu mais où la fusion nucléaire ne concerne que le noyau secondaire. C'est le cas rencontré chez le Maïs, d'après SARKAR et COE (1966). Chez cette espèce, l'albumen des graines contenant un haploïde est toujours triploïde et l'embryon est presque toujours solitaire. Les bases cytologiques du phénomène sont inconnues. D'après DIBOLL et LARSON (1969), il n'y a pas de paroi visible à l'extrémité chalazienne des synergides et les noyaux mâles peuvent vraisemblablement se déplacer librement après décharge dans une synergide. CHASE (1969) suppose que la fécondation de l'œuf ne peut avoir lieu par suite d'une division précoce de celui-ci sous l'influence d'un dérépresseur provenant du cytoplasme mâle ou d'une synergide. Dans la meilleure lignée inductrice, le pollen a toujours paru normal (trinué).

Le cas de la Pomme de terre paraît bien différent puisqu'il s'agit généralement de croisements entre une espèce tétraploïde (*Solanum tuberosum*) et une espèce diploïde (*Solanum phureja*). Cependant, là aussi, on observe la fécondation du seul noyau secondaire. L'influence du parent mâle paraît déterminante (HOUGAS *et al.*, 1964 ; HERMSEN et VERDENIUS, 1973). D'autre part, von WANGENHEIM *et al.* (1960) ont montré que l'albumen des graines portant un haploïde (ici, un dihaploïde) était toujours hexaploïde et non pentaploïde. Le gamète mâle fécondant devait donc être diploïde. Sur les clones de *Solanum phureja* les plus inducteurs de parthénogenèse, MONTELONGO et ROWE (1969) ont trouvé une fréquence élevée de tubes polliniques comportant un seul gamète mâle (30 à 40 p. 100). Si le pollen est traité préalablement par la colchicine, le nombre d'haploïdes par baie peut être doublé. Ces auteurs en concluent que la présence d'un seul gamète mâle (formation

d'un noyau de restitution au cours de la seconde mitose pollinique) joue un rôle essentiel. Cependant le fait que l'albumen soit hexaploïde, donc plus proche de l'albumen normal, peut être un facteur important. D'autres observations (HÖGLUND, 1970) montrent que les meilleurs pollinisateurs obtenus par GABERT chez *Solanum phureja* produisent parfois jusqu'à 50 p. 100 de grains de pollen diploïdes issus de diades au lieu de tétrades et les tubes polliniques contiennent deux gamètes diploïdes et non un seul. La présence d'un seul gamète mâle ne paraît donc pas le seul facteur nécessaire à l'induction parthénogénétique, mais seulement un élément la favorisant. Ces résultats constituent la justification principale des essais entrepris chez le Piment.

Le troisième groupe, enfin, rassemblerait les cas où la double fécondation a lieu normalement mais où l'on assiste au développement embryonnaire d'une cellule habituellement réprimée du gamétophyte femelle, ou encore d'un sac embryonnaire supplémentaire.

C'est ainsi que COOPER (1943) démontre, par des observations cytologiques sur diverses espèces de *Lilium*, que l'une des synergides (vraisemblablement celle qui a servi au transit des gamètes mâles) tendait fréquemment à former des structures embryoides avant même que le zygote ne se divise. On peut supposer un processus similaire chez les espèces où les haploïdes apparaissent essentiellement sous la forme de jumeaux. Les haploïdes jumeaux qui apparaissent spontanément chez le Piment proviennent vraisemblablement d'un mécanisme analogue.

Nous présenterons les résultats obtenus puis nous discuterons de la validité des hypothèses émises en ce qui concerne l'espèce étudiée.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — *Emploi du protoxyde d'azote*

Les plantes à traiter sont placées dans une enceinte à pression lorsqu'elles ont atteint le stade adéquat (deux à quatre fleurs proches de l'anthèse). Les essais préliminaires ont montré que les effets toxiques du gaz sur les fleurs sont assez faibles lorsque la durée des traitements n'excède pas quatre heures. La pression choisie est de six bars (BERTHAUT, communication personnelle). Les boutons floraux étant assez massifs chez le Piment, la pénétration du gaz peut présenter quelques difficultés à des pressions faibles. Suivant les recommandations d'ÖSTERGREN (1955), la décompression est lente (de l'ordre de vingt minutes).

2. — *Variétés utilisées*

Le matériel utilisé en tant que femelle appartient à deux cultivars fort différents mais tous deux riches en haploïdes gémeaux (POCHARD, 1969). « Doux-des-Landes » (lignée 1 B issue d'haploïde doublé) présente des taux moyens de gémeauté de l'ordre de 3 p. 1 000 et un taux d'haploïdie de l'ordre de 1 p. 1 000. Par rapport à la population d'origine, cette lignée a vu la proportion de couples comportant un haploïde passer de 10 à 30 ou 40 p. 100 (le même phénomène a été signalé par MORGAN et RAPPLEYE (1954) pour une lignée issue d'haploïde de la variété « Goliath »). Il s'agit d'un cultivar à petits fruits proche du Piment de Cayenne mais sans capsaïcine.

L'autre variété est une lignée de « Yolo Wonder », PM 31-22, poivron à gros fruit (Bell-Pepper) d'origine californienne. Cette variété présente des taux de gémeauté particulièrement

élevés, de l'ordre de 6 à 8 p. 100 en fonction des conditions de fructification (serre ou plein champ). Par contre, la proportion d'haploïdes parmi ces jumeaux est très basse, en moyenne 6 p. 100. L'hybride F_1 réalisé entre ces deux variétés figure dans quelques essais.

Les fleurs sont émasculées la veille de l'anthèse (stade bouton blanc) et traitées dans les heures qui suivent par le N_2O . Elles peuvent être pollinisées ou non suivant les essais, par un pollen marqué génétiquement.

Dans tous les cas, le parent mâle a été la lignée « Nigrum », homozygote pour les gènes semi-dominants A et MoA responsables de la présence d'anthocyane sur tous les organes végétatifs et reproducteurs. Malheureusement, ces gènes apparaissent très mal à l'état hétérozygote chez les jeunes plantes en serre pendant la période hivernale. Il faut attendre la première fleur pour déceler leur présence en dose simple grâce au liseré violet des fleurs. En plein air ou sous châssis, on reconnaît très facilement les phénotypes parentaux parmi les hétérozygotes dès le stade cotylédonaire.

En plus du marquage génétique, on dispose de caractères de reconnaissance des haploïdes dès le stade cinq ou six feuilles. Nous avons montré précédemment (POCHARD et DUMAS de VAULX, 1971) que ceux-ci possédaient des feuilles beaucoup plus étroites et un aspect plus terne que les diploïdes. De plus, ils portent presque toujours des petits secteurs mutés sur les feuilles, ce qui n'apparaît que très rarement chez les plantes normales.

Dans certains essais, on étudie l'influence d'une première pollinisation par *C. frutescens* L. Il s'agit du cv « Tabasco ». On sait que le croisement interspécifique ne donne pas de descendants lorsque l'on prend *C. annuum* comme femelle (LIPPERT *et al.*, 1966 et résultats personnels).

3. — Observations de la seconde mitose pollinique

S'il est facile d'observer la croissance du tube pollinique dans le style par fluorescence (méthode de MARTIN, 1958), il est beaucoup plus difficile de mettre en évidence la seconde mitose pollinique et de reconnaître les noyaux reproducteurs dans les tissus conducteurs. Pour cette raison nous avons mis au point une méthode de germination *in vitro* qui donne des résultats très réguliers. Le milieu germinatif contient 15 p. 100 de lactose et 50 mg/l d'acide borique. L'adjonction de sels minéraux suivant la méthode de KWACK (1967) ou l'ajustement à un pH précis n'ont



FIG. 1. — Décharge du tube pollinique dans le sac embryonnaire 30 heures après la pollinisation (observations en fluorescence)

pas donné de meilleurs résultats. La présence de colchicine à 100 mg/l tend à accélérer l'allongement des tubes. L'apport de cette substance est réalisé lorsque l'on désire observer les chromosomes métaphasiques et mettre en évidence la possibilité de formation d'un noyau de restitution puis d'un seul gamète mâle.

La réussite de la germination *in vitro* dépend essentiellement de facteurs physiques. La réhydratation préalable du pollen dans une atmosphère saturée est une condition indispensable (20 à 60 mn à 26-28°C). Le pollen est alors déposé sur de petites gouttes de milieu germinatif placées sur lamelles. Celles-ci sont immédiatement retournées et placées en milieu saturé d'humidité sur une cellule de VAN TIEGHEM.

L'observation des phénomènes nucléaires est effectuée en présence de carmin de BELLING sans fixation préalable. Le pollen étant prélevé dans la matinée (l'anthèse s'effectue peu après le lever du jour) on peut observer dans la soirée le déroulement de la mitose. L'examen des noyaux reproducteurs est effectué le lendemain. Pour éviter l'éclatement des tubes associé à la prolifération des bactéries, les boîtes de germination sont placées à basse température (4 à 5°C), pendant la nuit. Ramenées à température normale, les cultures reprennent leur activité pendant quelques heures.

4. — Observation de la gamétogenèse femelle et de la fécondation

Les placentas sont détachés et placés pendant 24 heures dans le fixateur FPA puis mis à macérer au moins 24 heures dans un mélange éclaircisseur (technique de HERR, 1971). Les ovules sont prélevés et observés entre lame et lamelle dans une goutte d'éclaircisseur en contraste de phase. La transparence des tissus est suffisante jusqu'au moment où les téguments de l'ovule s'épaississent et deviennent opaques, soit deux jours après l'anthèse. Par la suite, une dissection est nécessaire pour isoler le sac embryonnaire.

Le trajet du tube pollinique peut être suivi en fluorescence jusqu'au contact du sac. Le moment précis de la double fécondation n'a pas été observé mais cet événement est suivi par un changement d'aspect et de dimensions du noyau de l'œuf ainsi que du noyau secondaire qui est facile à identifier. Il faut environ 24 heures (à 20-22°C) pour que les tubes parviennent au niveau des ovules et 30 à 36 heures pour que les tubes se déchargent dans les sacs embryonnaires. Au bout de 48 heures, tous les ovules paraissent fécondés.

RÉSULTATS

1. — Observations cytologiques

Pour interpréter l'action du protoxyde d'azote lorsqu'il est appliqué à divers stades de développement des fleurs, il est nécessaire de connaître l'évolution des gaméophytes mâles et femelles dans la période considérée.

Croissance du gaméophyte mâle in vitro.

La figure 2 indique l'évolution de la longueur du tube pollinique pendant les douze heures qui suivent la mise en germination dans un essai standard relatif à la lignée « Nigrum ». Le début de l'élongation est très rapide. A 29°C, on observe au bout d'une heure des tubes de 80 microns soit environ trois fois le diamètre du grain de pollen. Entre quatre et huit heures la croissance est presque linéaire et le rythme d'élongation s'établit aux alentours de 200 microns à l'heure.

La seconde mitose pollinique paraît coïncider avec le début du ralentissement de la vitesse d'élongation. Elle commence environ 7 heures après la mise en germination à 29°C (8 h 30 à 22° et 8 h à 25°). Les différentes phases de cette division sont difficiles à observer car l'axe du fuseau est oblique par rapport à l'axe du tube et le matériel nucléaire est rassemblé dans un petit volume (fig. 3 a).

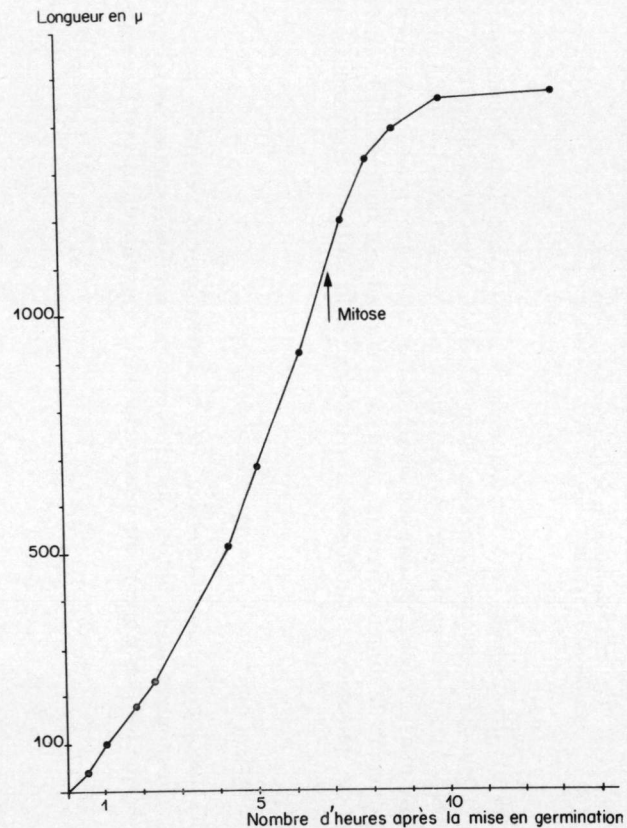
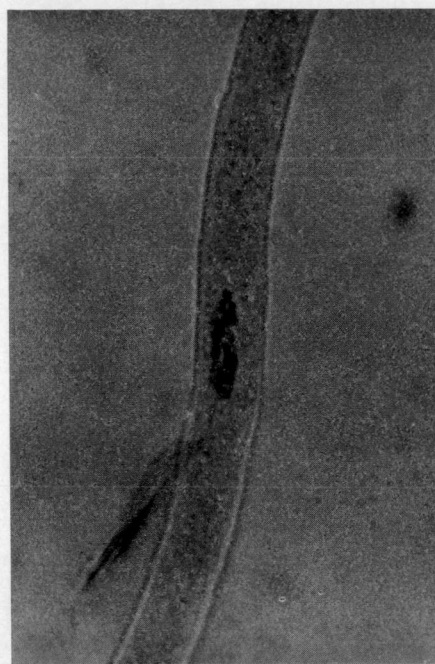
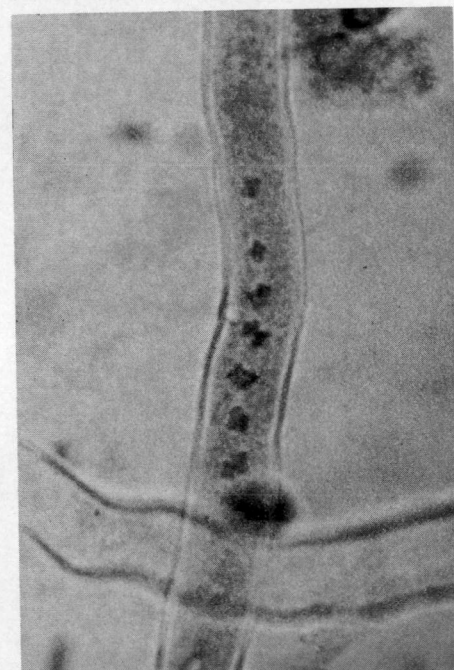


FIG. 2. — Croissance du tube pollinique in vitro à 29°C (Pollen du c. v. « Nigrum »)



a



b

FIG. 3

- a) Germination in vitro sur milieu standard. Début d'anaphase de la seconde mitose pollinique ($\times 1200$).
 b) Action de la colchicine (100 p.p.m.) sur la seconde mitose pollinique : chromosomes métaphasiques individualisés et très dispersés ($\times 1200$).

On a reporté sur la figure 5 *a* l'échelonnement des mitoses dans les 24 heures qui suivent la mise en germination. Chez les témoins, après ce délai, au moins 90 p. 100 des tubes ont subi la division et possèdent, en plus du noyau végétatif, deux noyaux reproducteurs (fig 4).

La présence de colchicine ne modifie pas de façon importante l'évolution du tube, sinon en accélérant la vitesse d'élongation et en augmentant légèrement la longueur finale. Par contre, les phénomènes nucléaires sont complètement perturbés.

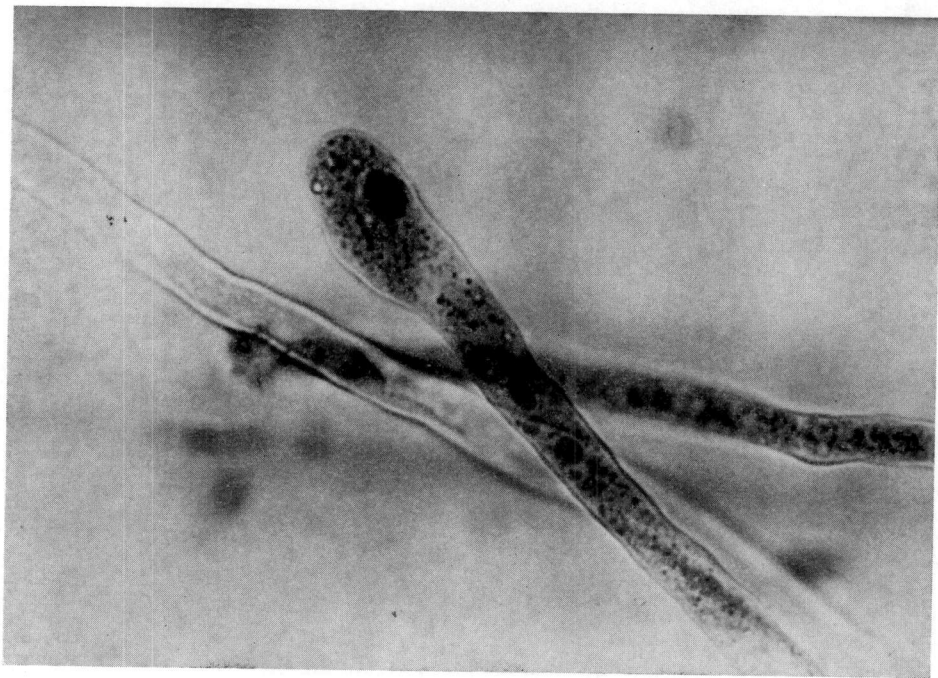
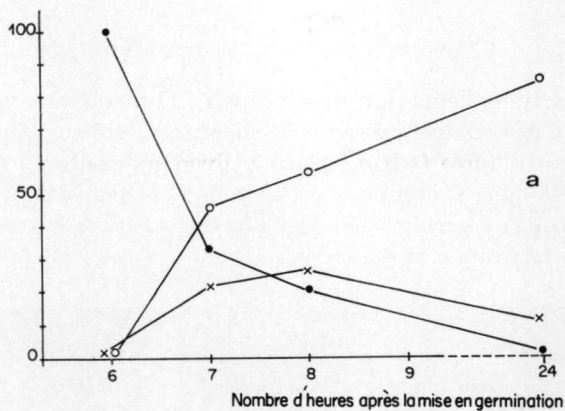


FIG. 4. — Germination in vitro sur milieu standard.
Extrémité du tube pollinique au stade trinuclee ($\times 1200$)

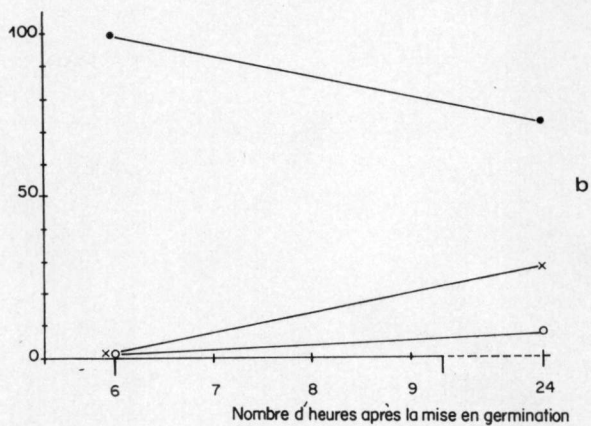
La figure 3 *b* montre l'aspect caractéristique de la métaphase. Les chromosomes sont dispersés sur des longueurs variables. Leur observation est très aisée, mais ils sont contractés. Aucun dénombrement systématique n'a été fait dans les lots traités à la colchicine mais on constate dans la majorité des tubes la présence d'un seul noyau reproducteur de dimensions supérieures à la normale au bout de 24 h. Nous verrons que des phénomènes analogues apparaissent à la suite de traitements au protoxyde d'azote.

Effet du protoxyde d'azote sur la seconde mitose pollinique.

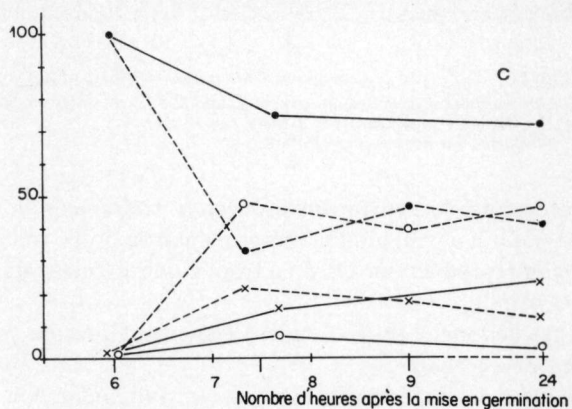
Seuls les phénomènes nucléaires ont été considérablement perturbés par les traitements. Au moment de la mitose, les chromosomes semblent moins nettement individualisés que lors des traitements à la colchicine et souvent répartis en plusieurs groupes.



a : Témoin non traité au N_2O



b : Traitement au N_2O de 3 h 1/2 débutant 6 heures après la mise en germination



c : Traitements au N_2O d'une durée de 1 h 30
débutant : — 6 heures
 - - - 7 h 30 après la mise en germination.

FIG. 5. — Action du N_2O sur la seconde mitose pollinique in vitro (Pollen du cv « Nigrum »)

Pourcentage de tubes polliniques avec :

- un seul noyau reproducteur,
- deux noyaux reproducteurs,
- x le noyau reproducteur en cours de division.

Deux types de traitements ont été appliqués : l'un couvrant toute la période de la mitose et de durée comparable au traitement standard sur les plantes entières (4 h), l'autre de courte durée (1 h 30) placé à divers moments du cycle mitotique. Avant d'être placées dans l'enceinte à pression dont la température est de l'ordre de 20 à 22°C, les boîtes à germination sont placées à l'étuve à 29°C. Les résultats sont présentés aux figures 5 *b* et 5 *c*.

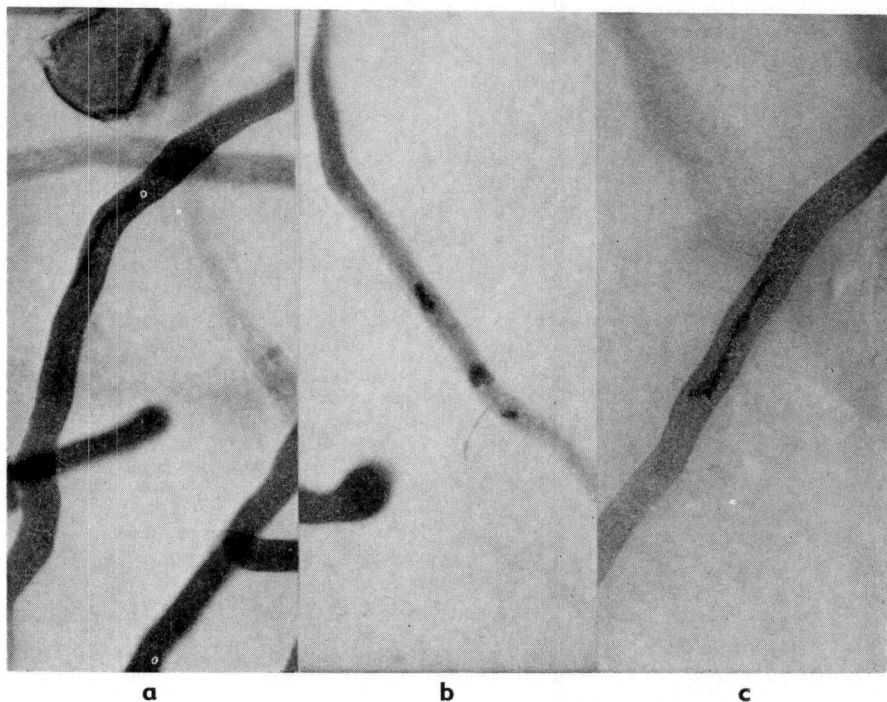


FIG. 6. — Effets du N_2O sur la seconde mitose pollinique ($\times 550$)
 a) chromosomes métaphasiques peu individualisés et disposés en file,
 b) chromosomes métaphasiques dispersés en 3 groupes,
 c) formation du noyau de restitution.

Dans les traitements de courte durée, c'est le traitement le plus précoce qui est le plus efficace (de 6 h à 7 h 30). On observe environ 70 p. 100 de tubes qui possèdent un seul noyau reproducteur. On n'en trouve que 40 p. 100 dans les traitements commençant après 7 h 30.

Les traitements de longue durée donnent également près de 70 p. 100 de tubes uninucléés au bout de 24 heures.

Ce noyau unique a des aspects divers. Dans les traitements longs, c'est le type C qui domine, puis le type B (en haltère).

Les applications de courte durée et précoces donnent beaucoup de noyaux de type 2 (aspect prophasique) et de type B. MONTEZUMA de CARVALHO a signalé la formation de noyaux semblables au type B (« Dumbbell shape ») chez *S. phureja* traité au N_2O . Il a signalé aussi l'apparition de couples de noyaux inégaux que nous n'avons pas observés chez le Piment.

On peut vérifier que les anomalies nucléaires ne sont pas liées à un arrêt prématuré de l'élongation des tubes. En effet, la longueur des tubes à un et à deux noyaux, a été la même dans les essais analysés, respectivement 960 et 1 000 microns dans un traitement de 6 h à 9 h 30. Neuf cent soixante et 950 microns dans un traitement de 6 h à 7 h 30.

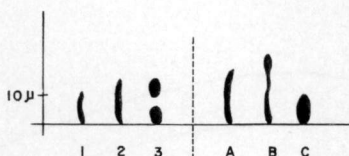


FIG. 7. — Aspect des noyaux reproducteurs chez les témoins et après traitement au N_2O

1, 2, 3 : Aspect des noyaux reproducteurs chez le témoin, *in vitro* sur milieu standard.

1 : noyau reproducteur au début de la germination,

2 : noyau reproducteur en début de prophase,

3 : les deux noyaux reproducteurs issus de la seconde mitose pollinique,

A, B, C : Aspect des noyaux uniques observés *in vitro* après traitement au N_2O (les types B et C sont les plus fréquents).

Évolution de la gamétogenèse femelle.

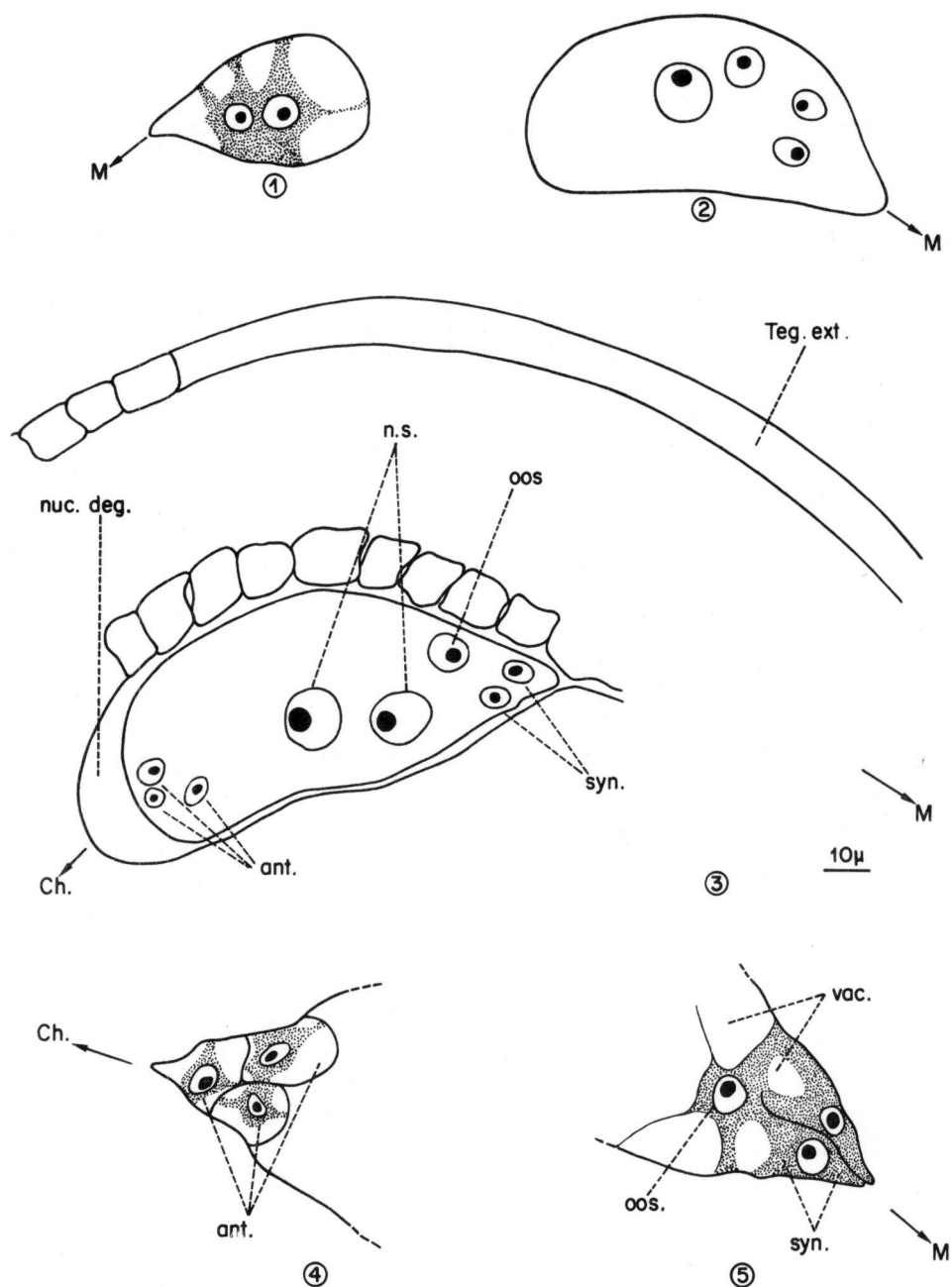
L'évolution de la macrosporogenèse du Piment est très voisine de celle décrite par SMITH (1935) chez la Tomate, mais un peu moins tardive. La figure 8 retrace les principaux stades de cette évolution pour des ovules prélevés dans la partie médiane de l'ovaire. Ainsi les stades fin de méiose et première division de la macrospore sont rencontrés dans des boutons devant s'épanouir deux jours plus tard (stade bouton vert). Le sac embryonnaire à quatre noyaux est observé dans les boutons qui fleuriront le lendemain (stade bouton blanc). Le matin même de l'anthèse le sac embryonnaire est composé de ses huit cellules caractéristiques.

L'observation de l'extrémité micropylaire du sac embryonnaire mûr montre les deux synergides qui sont très vacuolisées et sans paroi visible (aux grossissements utilisés) à leur pôle chalazien (fig. 8). Les antipodes ne sont plus visibles le lendemain de l'anthèse.

2. — Effet des traitements au protoxyde d'azote appliqués à des plantes entières après pollinisation

Il s'agit ici d'essais similaires à ceux qui ont été réalisés par MONTEZUMA de CARVALHO (1967) chez le *Datura* et *S. phureja*. Cependant, cet auteur s'est attaché uniquement à décrire les phénomènes cytologiques. Nous nous sommes intéressés essentiellement à analyser la descendance issue des fleurs ainsi traitées en ce qui concerne la présence de plantes haploïdes ou diploïdes de type purement maternel ou purement paternel. Comme le Piment est naturellement riche en graines polyembryonnées comportant parfois un partenaire haploïde, nous avons également noté la fréquence et la composition des couples de jumeaux ou des triplés.

Les traitements, d'une durée de quatre heures, ont été appliqués à des moments variables : 4 h, 5 h, 6 h, 7 h et 8 h après le dépôt du pollen sur le stigmate. Les plantes étaient placées en serre ; leur température a pu varier de 22 à 28°C.



Légende : n.s. : noyaux secondaires ; oos. : oosphère, syn. : synergides ; ant. : antipodes ; Teg. ext. : tégument externe ; M. : micropyle ; Ch. : chalaze ; nuc. dég. : nucelle en train de dégénérer.

FIG. 8. — Évolution schématique du sac embryonnaire dans les 2 jours qui précèdent la floraison

- 1 : sac embryonnaire à 2 noyaux (2 jours avant la floraison : bouton vert),
- 2 : sac embryonnaire à 4 noyaux (1 jour avant la floraison : bouton blanc),
- 3 : sac embryonnaire mûr à 8 noyaux le jour de la floraison,
- 4 : détail des antipodes,
- 5 : détail des synergides.

TABLEAU I

*Action du N₂O sur des fleurs pollinisées de « Doux-des-Landes »
et de « Yolo-Wonder ».
Résultats cumulés des traitements effectués de 4 à 8 heures après la pollinisation*

		Effectifs observés				Proportions (p. 1 000 plantes)				Proportions (p. 100 jumeaux)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		N	2n-2n	n-2n	n non jumeaux	tg d	thj	t	limites de t	Ph	limites de Ph
« Doux-des-Landes »	T	5 330	10	6	0	1,88	1,11	1,11	0,41-2,45	37	15-63
	N ₂ O	3 220	3	19	0	0,93	5,90	5,90	3,56-9,22	86	66-97
« Yolo Wonder »	T	7 795	40	3	0	5,13	0,38	0,38	0,08-1,13	7	1-20
	N ₂ O	4 575	7	2	2	1,53	0,44	0,87	0,24-2,24	22	3-62

Légende : T : boutons floraux n'ayant pas subi l'action du N₂O

- 1 : nombre de plantes observées
- 2 : nombre de couples 2n-2n
- 3 : nombre de couples n-2n
- 4 : nombre d'haploïdes non-jumeaux
- 5 : taux de gémellité diploïde (tg d) p. 1 000 plantes observées
- 6 : taux d'haploïdie gemellaire (thj) p. 1 000 plantes observées
- 7 : taux d'haploïdie total (t) p. 1 000 plantes observées
- 8 : limites statistiques de t (5 p. 100)
- 9 : pourcentage de couples de jumeaux comportant un haploïde (Ph)
- 10 : limites statistiques de Ph (5 p. 100).

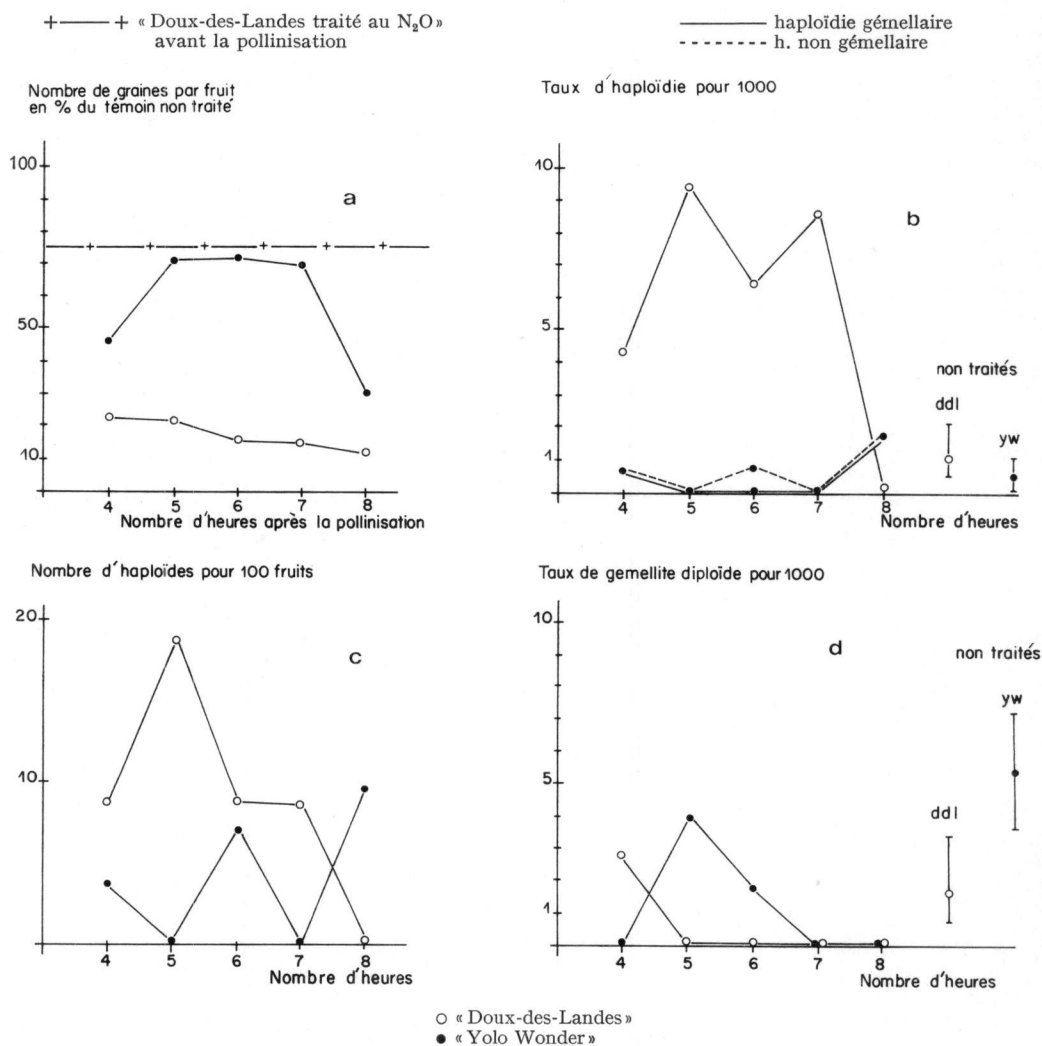


FIG. 9. — Action du protoxyde d'azote sur des fleurs pollinisées en fonction de l'heure du début des traitements (durée des traitements : 4 heures)

L'origine des temps est le moment de la pollinisation manuelle (fleurs émasculées)

- a : nombre de graines par fruit en p. 100 du témoin non-traité,
b : taux d'haploïdie sur 1 000 plantes levées,
c : nombre d'haploïdes pour 100 fruits,
d : taux de gemellité diploïde (p. 1 000 plantes levées).

Aucun descendant de type paternel n'est apparu. Il y a eu quelques plantes diploïdes de type maternel dont l'origine ne peut être précisée (on ne peut exclure la possibilité d'un transport accidentel de pollen maternel). Les fréquences d'apparition des haploïdes et des jumeaux sont présentées sous forme cumulée au tableau 1 et sous forme plus détaillée, en fonction de l'heure d'application du N_2O , à la figure 9. Les témoins sont des plantes identiques mais qui n'ont pas subi de traitement.

On constate que l'haploïdie non-gémellaire demeure fort rare. Deux cas seulement ont été observés sur un total de 8 000 descendants issus des traitements. La formation probable d'un grand nombre de gamètes mâles à un seul noyau ne joue donc pas le rôle attendu d'inducteur de parthénogenèse haploïde. Par contre, deux effets imprévus apparaissent : une diminution significative du taux de gémellité purement diploïde, et une augmentation, significative au niveau 1 p. 100 chez le cultivar « Doux-des-Landes », de la gémellité haplo-diploïde rapportée au nombre de plantes levées. La proportion de couples haplo-diploïdes passe ainsi de 7 à 22 p. 100 chez « Yolo Wonder », de 37 à 86 p. 100 chez « Doux-des-Landes ». Pour cette variété les traitements les plus efficaces ont été appliqués 5 heures après la pollinisation. Au-delà, le nombre d'haploïdes jumeaux pour 100 fruits diminue très fortement.

Le taux de nouaison est presque toujours inférieur à 50 p. 100, dépassant rarement 20 p. 100 pour les traitements débutant au-delà de 5 heures après pollinisation (en moyenne 28 p. 100). La figure 9 a montre que le nombre de graines par fruit fluctue beaucoup chez « Yolo Wonder » mais demeure très faible chez « Doux-des-Landes » (de 16 à 22 p. 100 des témoins non-traités au N_2O).

Ces premiers résultats montrent que le protoxyde d'azote peut avoir des effets multiples, favorables (augmentation de l'haploïdie gémellaire, tout au moins chez certains cultivars) ou défavorables (baisse de la fécondité). Dans des essais de ce type, la part qui revient respectivement aux organes mâles et femelles ne peut être mise en évidence. C'est pourquoi des essais complémentaires ont été entrepris, différenciant uniquement des premiers par le fait que les traitements sont appliqués à des fleurs non-pollinisées et n'affectent donc pas directement le gamétophyte mâle.

3. — *Effet des traitements au protoxyde d'azote appliqués à des plantes entières en l'absence de pollinisation*

Si l'on admet que le N_2O n'agit que pendant la période où il est appliqué sous pression, on peut analyser son action spécifique sur la gamétophyte femelle en traitant celui-ci au même stade que précédemment mais en l'absence de pollinisation, celle-ci étant réalisée le lendemain.

Les résultats sont rapportés au tableau 2. Ils ne diffèrent pas des résultats antérieurs et ne font que confirmer l'effet du protoxyde sur les deux types de gémellité : baisse significative du taux de gémellité diploïde, surtout sensible chez « Yolo-Wonder », augmentation significative du taux de gémellité haploïde (rapporté au nombre de graines germées) chez le seul cultivar « Doux-des-Landes ». De plus, on a noté chez ce dernier (8 600 plantes observées) la présence de trois triplés ayant une composition jamais notée auparavant, soit deux haploïdes accompagnant un diploïde. Quatre haploïdes solitaires de type maternel sont également apparus.

TABLEAU 2

*Résultats de l'action du N_2O , appliqué 5 heures après la castration,
sur des boutons floraux non-pollinisés au moment du traitement*

		Effectifs observés				Proportions (p. 1 000 plantes)				Proportions (p. 100 jumeaux)	
		1 N	2 $2n-2n$	3 $n-2n$	4 n non jumeaux	5 tgd	6 thj	7 t	8 limites de t	9 Ph	10 limites de Ph
« Doux des Landes »	T	5 330	10	6	0	1,88	1,11	1,11	0,41-2,45	37	15-63
	N_2O	8 595	8	33	4	0,93	3,84	4,30	3,06-5,95	79	65-91
« Yolo Wonder »	T	7 795	40	3	0	5,13	0,38	0,38	0,08-1,13	7	1-20
	N_2O	2 328	3	1	0	1,29	0,43	0,43	0,01-2,39	25	6-80
F_1 : « Doux-des-Landes » × « Yolo Wonder »	T	3 109	3	1	0	0,96	0,32	0,32	0,01-1,79	25	6-80
	N_2O	6 238	9	6	0	1,44	0,96	0,96	0,35-2,09	40	16-67

Légende : T : boutons floraux n'ayant pas subi l'action du N_2O

- 1 : nombre de plantes observées
- 2 : nombre de couples $2n-2n$
- 3 : nombre de couples $n-2n$
- 4 : nombre d'haploïdes non-jumeaux
- 5 : taux de gémellité diploïde (tgd) p. 1 000 plantes observées
- 6 : taux d'haploïdie gémellaire (thj) p. 1 000 plantes observées
- 7 : taux d'haploïdie total (t) p. 1 000 plantes observées
- 8 : limites statistiques de t (5 p. 100)
- 9 : pourcentage de couples de jumeaux comportant un haploïde (Ph)
- 10 : limites statistiques de Ph (5 p. 100)

Les taux de nouaison sont nettement supérieurs à ceux qui ont été observés précédemment (en moyenne 60 p. 100). De même, le nombre de graines a fortement augmenté en ne traitant pas le gamétophyte mâle (en moyenne 75 graines par fruit au lieu de 19, chez « Doux-des-Landes »).

Il semble que l'on puisse conclure des essais sur plantes entières que l'effet du protoxyde d'azote en tant qu'inducteur de parthénogenèse haploïde s'exerce essentiellement sur le gamétophyte femelle. Des deux lignées mises à l'essai, une seule répond positivement, mais c'est l'haploïdie gémellaire qui est surtout favorisée, l'haploïdie non-gémellaire n'apparaissant qu'à des taux environ dix fois plus faibles, ce qui semble la règle générale chez le Piment.

La baisse de fréquence de la gémellité diploïde a des conséquences pratiques chez les deux lignées car, dans la recherche d'haploïdes, la gémellité sert de marqueur et la proportion de plantes utiles parmi les jumeaux est fortement accrue (de 2 à 4 fois).

L'hybride F_1 entre les deux lignées ne répond pas aussi nettement que l'un et l'autre parent, les lots non-traités présentant d'ailleurs des taux de gémellité plus faibles que les parents. Le contrôle des deux types de gémellité paraît donc exercé par des gènes récessifs.

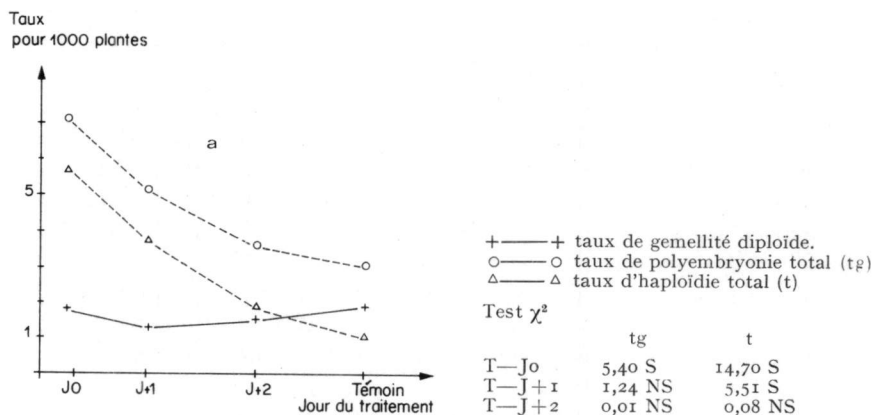
4. — *Analyse de quelques facteurs pouvant modifier la réponse du gamétophyte femelle*

Parmi les facteurs pouvant favoriser l'action parthénogène du N_2O figurent le stade de développement du gamétophyte femelle au moment de l'application, la pollinisation retardée (les conséquences du traitement pouvant être longues à se manifester) et la pollinisation préalable par une espèce éloignée, cette première pollinisation pouvant permettre la dérépression de certains mécanismes au sein du sac embryonnaire. Quelques essais ont été réalisés pour savoir si l'un ou l'autre de ces éléments pouvait jouer un rôle déterminant pour le déclenchement des phénomènes qui nous occupent.

Influence du stade de développement du bouton floral au moment du traitement.

Les modalités de traitement sont les mêmes que précédemment, mais on a castré non seulement des boutons « blancs » devant normalement fleurir le lendemain (stade F-1) mais aussi des boutons « verts » dont la floraison était prévisible deux ou trois jours plus tard (stade F-2). D'autre part, le traitement au N_2O a eu lieu le jour même de la castration comme à l'accoutumée (J) ou bien après un jour ($J + 1$) ou deux jours ($J + 2$) d'attente. La pollinisation a toujours été réalisée après le traitement au protoxyde d'azote.

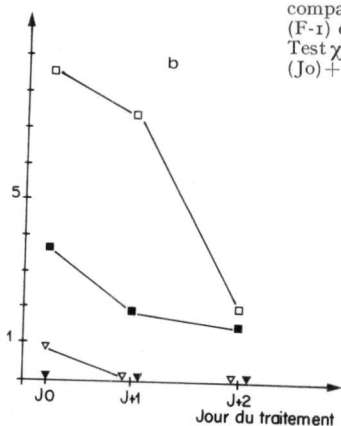
Les résultats relatifs au cultivar « Doux-des-Landes » sont présentés à la figure 10. L'haploïdie gémellaire apparaît renforcée uniquement dans les traitements précoces. L'application de N_2O à des fleurs ayant atteint ou dépassé le stade de l'épanouissement ne modifie pas la fréquence et la composition des couples de jumeaux. Le taux d'haploïdie est plus élevé (significativement au niveau 1 p. 100) dans la descendance des fleurs les plus jeunes. Le moment optimum pour les traitements n'est pas déterminé. Il se situe vraisemblablement deux à trois jours avant l'anthèse. Si cela



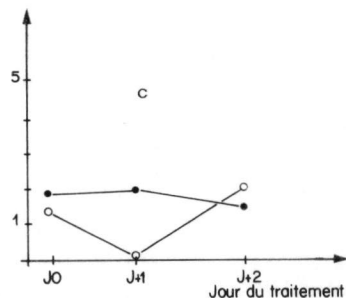
a) Résultats cumulés :

- boutons blancs et verts le jour J0;
- J+1, J+2 : traitements au N_2O différés de un ou deux jours
- témoin : boutons non traités au N_2O

Taux d'haploïdie
pour 1000 plantes



Taux de gemellité diploïde
pour 1000 plantes



b et c) Résultats partiels :

- Symboles pleins = boutons blancs (F-1)
(J0 = traitement un jour avant l'anthèse)
- Symboles creux = boutons verts (F-2)
(J0 = traitement deux ou trois jours avant l'anthèse)
- ■ : taux d'haploïdie gémellaire (tg)
- ▽ ▼ : taux d'haploïdie non gémellaire
- ○ : taux de gemellité diploïde

FIG. 10. — Influence du stade du bouton floral au moment des traitements au N_2O sur la gemellité et l'haploïdie
(« Doux-des-Landes »)

est exact, il coïncide avec le déclenchement de la première division au sein de la macrospore. D'autres essais seront nécessaires pour préciser ce point.

Influence d'une pollinisation retardée.

Les applications de protoxyde étant effectuées au stade bouton « blanc » le jour même de la castration, la pollinisation a eu lieu de 1 à 4 jours plus tard. Ainsi que le montre la figure 11, le taux d'haploïdie est peu modifié par ce retard, peut-être

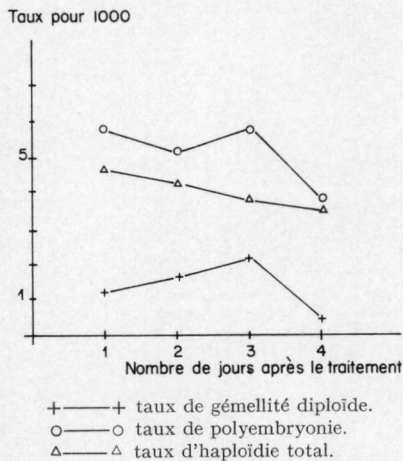


FIG. 11. — Effets de la pollinisation retardée sur la variété « Doux-des-Landes » traitée au N_2O au stade bouton blanc

légèrement diminué. Le taux de gémellité diploïde reste faible. On ne peut pas conclure, à partir de ces résultats, à un effet important du gamétophyte mâle dans le déclenchement de la parthénogenèse haploïde.

Influence d'une pollinisation préalable par un pollen étranger.

Parmi les espèces proches de *C. annuum* pouvant jouer un rôle inducteur, nous avons choisi *C. frutescens* après avoir constaté que le pollen germe normalement et que les tubes arrivaient jusqu'au niveau du sac embryonnaire chez « Doux-des-Landes » et sa F_1 par « Yolo-Wonder ». Pour éviter la chute totale des fruits par absence de développement embryonnaire, on a effectué une seconde pollinisation par le pollen habituel (cultivar « Nigrum ») le lendemain du traitement, en même temps que le lot témoin. Toutes les plantes ont été traitées au N_2O au stade bouton « blanc ».

Les résultats sont présentés et analysés au tableau 3. Il n'y a pas d'effet significatif de la première pollinisation. C'est plutôt un effet négatif qui est suggéré par ces données, tout au moins chez un des lots à l'essai.

TABLEAU 3

*Influence d'une première pollinisation par du pollen de Capsicum frutescens
avant les traitements au N₂O.*

(toutes les fleurs ont été pollinisées par le cv. « Nigrum » un jour après le traitement au N₂O)

		Effectifs observés				Proportions (p. 1 000 plantes)				Proportions (p. 100 jumeaux)	
		1 N	2 2n-2n	3 n-2n	4 n non jumeaux	5 tgd	6 thj	7 t	8 limites de t	9 Ph	10 limites de Ph
« Doux-des-Landes »	A	5 468	5	24	3	0,91	4,39	4,94	3,26-7,19	83	65-94
	B	3 127	3	9	1	0,96	2,88	3,20	1,54-5,88	66	46-94
F ₁ : « Doux-des-Landes » × « Yolo Wonder »	A	4 919	9	5	0	1,83	1,02	1,02	0,33-2,37	35	13-65
	B	1 081	2	3	0	1,85	2,78	2,78	0,57-8,11	60	15-95

Légende : A : boutons floraux non pollinisés avant le traitement au N₂O

B : boutons floraux pollinisés par *C. Frutescens* avant le traitement

1 : nombre de plantes observées

2 : nombre de couples 2n-2n

3 : nombre de couples n-2n

4 : nombre d'haploïdes non-jumeaux

5 : taux de gémellité diploïde (tgd) p. 1 000 plantes observées

6 : taux d'haploïdie gémellaire (thj) p. 1 000 plantes observées

7 : taux d'haploïde total (t) p. 1 000 plantes observées

8 : limites statistiques de t (5 p. 100)

9 : pourcentage de couples de jumeaux comportant un haploïde

10 : limites statistiques de Ph (5 p. 100)

DISCUSSION

Les essais visant à reproduire chez deux lignées de Piment certains phénomènes observés dans les croisements *Solanum tuberosum* × *S. phureja* ont été négatifs. Il est cependant à peu près certain que les modifications cytologiques attendues se sont bien produites, c'est-à-dire la formation d'un seul gamète mâle diploïde à la suite d'un traitement au protoxyde d'azote sous pression au moment de la seconde mitose pollinique. Cet événement peut être produit à des taux très élevés (de l'ordre de 70 p. 100 des tubes germés) par des traitements similaires appliqués à des grains de pollen germant *in vitro*.

Cet échec peut être dû à de nombreuses causes. On pourrait, par exemple, avancer que la mitose pollinique se produit *in vivo* à un moment très différent de celui qui a été observé *in vitro* : les traitements n'auraient pas couvert la période utile. Cela nous paraît très peu probable. MONTEZUMA de CARVALHO trouve dans les styles de *Datura* et de *S. phureja* des délais comparables à ceux que nous avons trouvés dans des conditions artificielles chez le Piment (4 h, 7 h et 7-8 h respectivement). D'autre part, nous avons vu que les traitements appliqués après pollinisation ont un effet particulièrement néfaste sur la fécondité par effet spécifique sur le gamétophyte mâle.

Ce dernier fait nous conduit à croire que le gamète unique ainsi formé n'est pas fonctionnel, ou encore qu'une éventuelle fusion avec le noyau secondaire, donnant un albumen tétraploïde, ne permet pas le développement parthénogénétique de l'oosphère ou d'une synergide.

Un équilibre dans les degrés de ploïdie de l'embryon et de l'albumen doit vraisemblablement jouer un rôle important et la situation est ici très différente de celle que l'on trouve chez la Pomme de terre, espèce tétraploïde croisée par *S. phureja*, espèce diploïde.

Une autre différence essentielle tient au fait que la Pomme de terre est normalement propagée par voie végétative et que les mutations affectant les mécanismes qui contrôlent la gamétogenèse et la fécondation peuvent s'installer sans nuire à l'espèce. Cela n'est pas le cas chez le Piment cultivé qui est une espèce autogame se propageant uniquement par graine. Toute mutation de ce type doit être sévèrement sanctionnée par la sélection naturelle ou artificielle et très rapidement éliminée. Pour qu'il y ait développement parthénogénétique, en effet, il faut non seulement éviter la fécondation de l'oosphère (tout en assurant celle du noyau secondaire) mais encore faire en sorte que l'oosphère, ou une autre cellule du sac, ne reste pas à l'état réprimé qui est normalement son lot mais reprenne la synthèse de l'ADN avant d'effectuer une première division. Après la formation du zygote, il faut un temps assez long (plus de deux jours chez le Pétunia d'après VALLADE et CORNU, 1973) avant que ne débute la synthèse de l'ADN. Quels événements peuvent remplacer la fécondation? Aucune réponse ne peut être apportée à cette question pour l'instant. L'effet particulier de certains clones de *S. phureja* reste, semble-t-il, incompris.

AL-YASIRI et ROGERS (1971) n'ont pu obtenir d'haploïde chez la Tomate en

traitant le pollen au bleu de toluidine, ce qui a pour effet d'empêcher la seconde mitose pollinique. Il n'y a, semble-t-il pas d'activation de l'oosphère dans le cas étudié.

Nous ne chercherons pas d'explication au phénomène assez curieux que nous avons mis en évidence : une baisse importante du taux de gémellité diploïde sous l'influence de certains traitements au N_2O . Nous remarquerons seulement que cette gémellité, qui résulte dans la grande majorité des cas (MORGAN et RAPPEYE, 1954) du clivage plus ou moins précoce du proembryon, peut être fortement influencée par des traitements appliqués aux fleurs avant même la fécondation. Nous avons vu, d'autre part, que cet effet concerne uniquement le gamétophyte femelle.

Les seuls résultats positifs relatifs à la parthénogenèse haploïde concernent l'augmentation (par un facteur 4 à 8 suivant les cas) du taux d'apparition des couples de jumeaux haplo-diploïdes, ceci dans une seule des variétés à l'essai (cultivar « Doux-des-Landes », lignées 1 B). Il est probable que l'on accroît ainsi une tendance naturelle qui n'était pas présente chez l'autre variété. Cette lignée, tirée elle-même d'un haploïde doublé par la colchicine, avait été choisie pour la proportion exceptionnellement élevée d'haploïdes dans les couples de jumeaux (de l'ordre de 30 à 40 p. 100). Si l'on admet que ces haploïdes proviennent du développement d'embryons à partir d'une synergide, le protoxyde d'azote pourrait agir de deux manières. La formation d'embryoïdes à partir de cette cellule étant supposée assez fréquente, la compétition avec l'embryon principal pourrait entraîner l'arrêt de leur développement à un stade précoce. Le traitement chimique jouerait alors un rôle en diminuant l'influence dominante de l'embryon sexué. Nous avons toutefois montré que les traitements les plus efficaces étaient les plus précoces, l'optimum étant peut-être situé avant que le sac embryonnaire ne comporte deux noyaux, en tout cas avant qu'il ne possède quatre noyaux. Ceci suggère un effet du protoxyde d'azote sur la différenciation des cellules composant le sac. L'augmentation du pouvoir embryogène des synergides (nous avons rencontré à trois reprises deux embryons haploïdes de type maternel, accompagnant un partenaire diploïde d'origine sexuée) pourrait provenir d'une diminution du degré de différenciation fonctionnelle de ces cellules. On peut rapprocher ces résultats de ceux qui sont observés lors des mises en culture d'anthères *in vitro*. Seuls les noyaux de type végétatif ou proembryonnaire semblent être à l'origine du processus qui conduit à la formation d'embryons haploïdes (PELLETIER et ILAMI, 1972).

Pour analyser plus en détail ces phénomènes, il conviendrait de disposer d'un matériel encore plus favorable donnant des taux d'haploïdie spontanée de l'ordre de 1 p. 100 au moins afin de ne pas être obligé de manipuler des quantités considérables de semences et de plantes. Il serait ainsi possible de localiser, de façon précise, la phase sensible du gamétophyte femelle et, éventuellement, d'effectuer des observations cytologiques directes sur les événements qui conduisent à la polyembryonie haploïde. Des recherches ont été effectuées dans ce sens mais elles montrent que des conditions de milieu non-identifiées (fluctuations de la température, de l'état hydrique des plantes?) ont un rôle primordial et rendent difficile l'estimation des tendances proprement génétiques du matériel végétal à l'essai.

Reçu pour publication en janvier 1974.

SUMMARY

EFFECT OF NITROUS OXIDE ON THE INDUCTION OF HAPLOIDY
IN THE GARDEN PEPPER (*CAPSIUM ANNUUM* L.)

Nitrous oxide when applied to pollen of Pepper (cv « Nigrum ») germinating *in vitro* at precise stages can induce the formation of only one (diploid) male gamete in most of the pollen tubes.

The same treatments applied to hand pollinated flowers at similar stages, cannot induce the formation of solitary haploid embryos, at a significant rate but greatly lowers the fecundity of the pollen (number of seeds per fruit).

In one of the lines tested (« Doux-des-Landes », 1 B), N₂O when applied before anthesis, has a specific effect on the female gametophyte, which leads to higher frequencies of haploid twins (haplo-diploid twins, or haplo-haplo-diploid triplets). Solitary haploids do also appear at lesser rates (about eight to ten times less) but the male gametophyte has no important influence on this phenomenon. The treatments are most effective when applied before the « four nuclei » stage of the embryo sac. One can suppose that nitrous oxide is able to maintain (or induce) a potency for embryogenesis in some cells of the female gametophyte, mainly the synergids.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AL-YASIRI S., ROGERS O. M., 1971. Attempting chemical induction of haploidy using toluidine blue. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, **96** (1), 126-127.
- BERTHAUT J., 1968. L'emploi du protoxyde d'azote dans la création de variétés autotétraploïdes chez le Trèfle violet. *Ann. Amélior. Plant*, **18** (4), 381-391.
- CAUDERON Y., CAUDERON A., 1956. Étude de l'hybride F₁ entre *Hordeum bulbosum* L. et *Hordeum secalinum* SCHREB. *Ann. Amélior. Plant*, **6**, 307-317.
- CHASE S. S., 1969. Monoploids and monoploid-derivatives of Maize (*Zea mays* L.). *Bot. Rev.*, **35**, 117-167.
- CHRISTENSEN H. M., BAMFORD R., 1943. Haploids in twin seedlings of peppers *Capsicum annuum* L. *J. Hered.*, **34**, 99-104.
- COOPER D. C., 1943. Haploid-diploid twin embryos in *Lillium* and *Nicotiana*. *Amer. J. Bot.*, **30**, 408-413.
- CORNU A., MAIZONNIER O., 1970. Origine et comportement méiotique d'un *Pétunia* haploïde. *C. R. Acad. Sci. Ser. D*, **270**, 310-313.
- DIBOLL A. G., LARSON D. A., 1966. An electron microscopy study of the mature megagametophyte in *Zea mays*. *Amer. J. Bot.*, **53**, 391-402.
- EHRENSBERGER R., 1948. Versuche zur Auslösung von Haploidie bei Blütenpflanzen. *Biol. Zentralblatt*, **67**, 537-546. (Cité dans : KIMBER G., RILEY R., 1963. Haploid angiosperms. *Bot. Rev.*, **29**, 510.)
- GOODSPEED T. H., AVERY P., 1929. The occurrence of a *Nicotiana glutinosa* haplant. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, **15**, 502-504.
- GRESSHOFF D. M., DOY C. H., 1972. Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (tomato). *Planta*, **107**, 161-170.
- HERMSEN J.-G. Th., VERDENIUS J., 1973. Selection from *Solanum tuberosum* group *phureja* of genotypes combining high frequency haploid induction with homozygosity for embryo-spot. *Euphytica*, **22** (2), 244-259.
- HERR J. M., 1971. A new clearing-squash technique for the study of ovule development in angiosperms. *Amer. J. Bot.*, **58** (8), 785-790.
- HÖGLUND M., 1970. Meiosis in *Solanum phureja*. *Hereditas*, **66**, 183-188.
- HOUGAS R. W., PELOQUIN S. J., GABERT A. C., 1964. The potential of potato haploids in breeding and genetic research. *Amer. Potato, J.*, **35**, 701-707.
- HOUGAS R. W., PELOQUIN S. J., GABERT A. C., 1964. Effect of seed-parent and pollinator on the frequency of haploids in *Solanum tuberosum*. *Crop. Sci.*, **4**, 593-595.
- KASHA K. J., KAO K. N., 1970. High frequency haploid production in barley. *Nature, London*, **225**, 5235, 874-875.

- KERMICLE J. L., 1969. Androgenesis conditionné par une mutation dans le Maïs. *Science*, **166**, 1422-1424.
- KIHARA H., TSUNEWAKI K., 1960. Production of polyploid wheat by nitrous oxide. *Proc. Jap. Acad.*, **36**, 658-663.
- KWACK B. H., KIM I. H., 1967. An improved method for culturing *Tradescantia* pollen tubes for chromosomal analysis. *Cytologia*, **32**, 1-5.
- LANGE W., 1971. Crosses between *Hordeum vulgare* L. and *Hordeum bulbosum* L. II. Elimination of chromosomes in hybrid tissues. *Euphytica*, **20**, 181-194.
- LIPPERT L. F., SMITH P. G., BERGH B. O., 1966. Cytogenetics of the vegetable crop garden pepper, *Capsicum* sp. *Bot. Rev.*, **32**, 24-55.
- MARTIN F. W., 1958. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technol.*, **34**, 125-128.
- MONTELONGO-ESCOBEDO H., ROWE P. R., 1969. Haploid induction in potato : cytological basis for the pollinator effect. *Euphytica*, **18**, 1, 116-123.
- MONTESUMA-de-CARVALHO J., 1967. The effect of N_2O on pollen tube mitosis in styles and its potential significance for inducing haploidy in potato. *Euphytica*, **16**, 190-198.
- MORGAN D. T., RAPPELEYE R. D., 1950. Twin and triplet pepper seedlings : A study of polyembryony in *Capsicum frutescens*. *J. Hered.*, **41**, 91-95.
- MORGAN D. T., RAPPELEYE R. D., 1954. A cytogenetic study on the origin of multiple seedlings. *Amer. J. Bot.*, **41**, 576-585.
- NORDENSKIÖLD H., 1939. Studies on a haploid rye plant. *Hereditas*, **25**, 204-210.
- ÖSTREGREN G., 1954. Polyploids and aneuploids of *Crepis capillaris* produced by treatment with nitrous oxide. *Genetica*, **27**, 54-64.
- ÖSTREGREN G., 1957. Production of polyploids and aneuploids of *Phalaris* by means of nitrous oxide. *Hereditas*, **43**, 512-516.
- PELLETIER G., 1971. Cytological aspects of embryos formation in Tobacco and Petunia anthers. *E. M. B. O. Workshop, Rome*.
- PELLETIER G., ILAMI M., 1972. Les facteurs de l'androgénèse *in vitro* chez *Nicotiana tabacum*. *Z. Pflanzenphysiol.*, **68** (2), 97-114.
- PELOQUIN S. J., HOUGAS R. W., 1964. Haploidy as a new approach to the cytogenetics and breeding of *Solanum tuberosum*. In RILEY R., LEWIS K. R., *Chromosome manipulation and plant genetics*, 21-28, Oliver and Boyd, London.
- POCHARD E., 1969. Utilisation de l'haploïdie en amélioration des plantes : application à une plante autogame : le Piment (*Capsicum annuum* L.). *Sélectionneur fr.*, **6**, 25-35.
- POCHARD E., DUMAS DE VAULX R., 1971. La monoploïdie chez le Piment (*Capsicum annuum* L.). *Z. Pflanzenzücht.*, **65**, 23-46.
- SARKAR K. R., COE J. R., 1966. A genetic analysis of the origin of maternal haploids in maize. *Genetics*, **54**, 453-464.
- SMITH O., 1935. Pollination and life history studies of the tomato. *Cornell Univ. Agric. exp. St., Ithaca, New York, Memoir.*, **184**, 1-14.
- THEVENIN L., 1968. Les problèmes d'amélioration chez *Asparagus officinalis* L. II. Haploïdie et amélioration. *Ann. Amélior. Plant.*, **18** (4), 327-365.
- TURCOTTE E. L., FEASTER C. V., 1969. Semigametic production of haploids in Pima Cotton. *Crop Sci.*, **9**, 653-655.
- VALLADE J., CORNU A., 1973. Étude cytophotométrique des stades zygotiques chez le Pétunia. *C. R. Acad. Sci., Ser. D.*, **276**, 2793-2796.
- WANGENHEIM K. V. (von), PELOQUIN S. J., HOUGAS R. W., 1960. Embryological investigations on the formation of haploids in the potato (*S. tuberosum*). *Z. Vererbungslehre*, **91**, 391-399.

ÉTUDE DES POSSIBILITÉS DE PRODUCTION D'HYBRIDES F₁ INTRA- ET INTERSPÉCIFIQUES CHEZ LE SOUS-GENRE *AMYGDALUS*

I. — HÉTÉROSIS CHEZ *PRUNUS PERSICA* HYBRIDÉ PAR *PRUNUS PERSICA*,
PRUNUS DAVIDIANA, ET *PRUNUS KANSUENSIS*

Ch. GRASSELLY

Station de Recherches d'Arboriculture fruitière,
Centre de Recherches de Bordeaux, I. N. R. A.,
33140 Pont de la Maye

RÉSUMÉ

Dans le but de produire des porte-greffes conférant au Pêcher et à l'Amandier une plus grande vigueur que les semis issus d'autofécondation normalement utilisés, des essais d'hybridations ont été entrepris de 1957 à 1970 entre des types de *Prunus persica* et d'autres espèces voisines. Les combinaisons *Prunus persica* × *Prunus persica* donnent des taux importants de fécondation et une bonne germination des semences hybrides mais ces semis ne montrent généralement pas ou très peu d'effet d'hétérosis. Par contre les combinaisons *Prunus persica* × *Prunus davidiana* et surtout *Prunus persica* × *Prunus kansuensis*, tout en conservant de bons pourcentages de fécondation et de germination, donnent un bon effet de vigueur hybride. Ces deux espèces, originaires de Chine, ont malheureusement, sous le climat atlantique, une époque de floraison très précoce qui nécessite une longue conservation du pollen et empêche dans l'immédiat la réalisation des hybridations par les insectes en verger.

INTRODUCTION

La recherche de porte-greffes vigoureux pour le Pêcher et l'Amandier est depuis longtemps un sujet de préoccupation pour les chercheurs et les arboriculteurs. Cette vigueur permet, en effet, aux arbres greffés de mieux se comporter dans des sols pauvres et de mieux résister aux conditions de sécheresse.

L'observation de quelques très rares hybrides naturels (*P. persica* × *P. persica*), remarqués pour leur développement très supérieur au milieu des semis habituellement

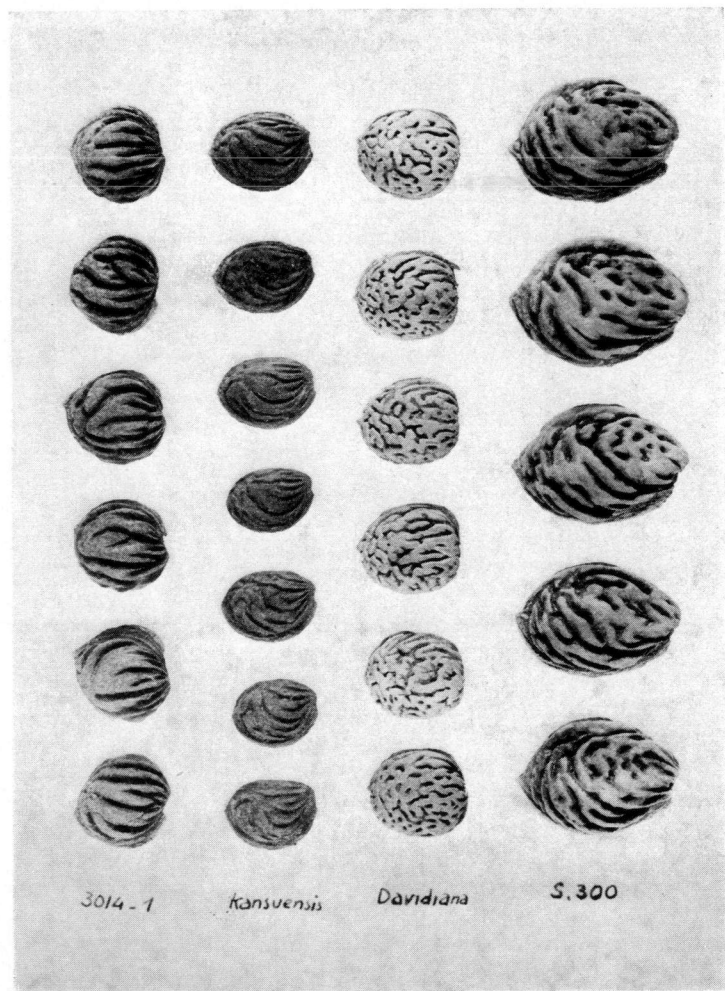


FIG. 1. — Noyaux de quelques espèces du sous-genre *Amygdalus* utilisées dans les essais de production de semences hybrides F_1

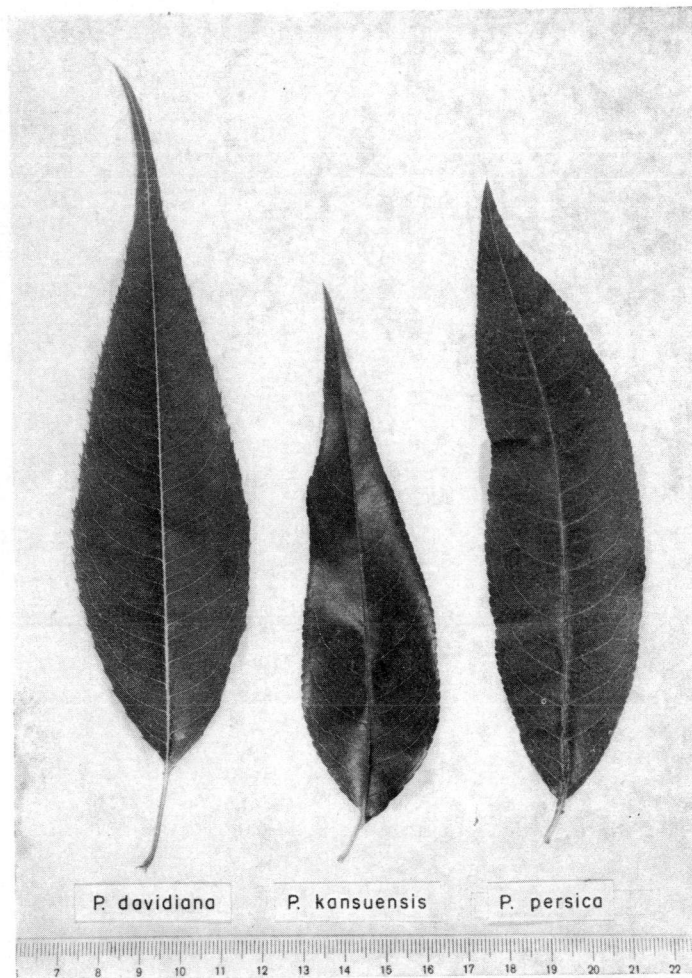


FIG. 2. — Feuilles de quelques espèces du sous-genre *Amygdalus* utilisées dans les essais de production de semences hybrides F_1

autofécondés de lignées de Pêcher, a conduit à rechercher des combinaisons hybrides susceptibles de produire des lots réguliers de semis possédant cette vigueur hybride.

Cette étude était réalisable à la Station de Recherches d'Arboriculture fruitière de la Grande Ferrade, en raison, d'une part du grand rassemblement de types de Pêcher spontanés provenant de nombreux pays, et d'autre part, des études réalisées sur les lignées de Pêcher en vue de leur sélection comme porte-greffes.

La stérilité mâle de quelques variétés de Pêcher, permettait d'envisager éventuellement une production industrielle de semences hybrides. Enfin, la présence, dans les collections d'espèces sauvages appartenant au sous-genre *Amygdalus*, et relativement proches du Pêcher, telles que *Prunus davidiana* et *Prunus kansuensis*, devait permettre d'étendre la gamme des croisements (fig. 1 et 2).

Les recherches de combinaisons ont été poursuivies de 1957 à 1970. Deux groupes de combinaisons seront examinés :

- a) Le premier correspond à des croisements réalisés avec un parent femelle mâle stérile ;
- b) Le second correspond à des croisements réalisés avec un parent femelle normal.

Les possibilités de production de semences hybrides seront d'abord étudiées ; la germination, l'aspect morphologique et la vigueur des semis hybrides seront examinés par la suite.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Quand la variété choisie comme parent femelle est mâle stérile, comme la variété « Japanese Golden Giant Cling » S. 749, les pollinisations sont effectuées sous cage d'isolement, sans castration. Les cages en plastique armé sont placées sur l'arbre avant l'ouverture des fleurs et le pollen, préparé à l'avance et conservé en tube à 0°C, est apporté sur les stigmates à l'aide de pinceaux.

Dans les cas où la variété choisie comme parent femelle est autofertile, comme « Pavie Garau » S. 300, ses fleurs sont castrées avant leur ouverture et protégées après le dépôt du pollen, soit par des cages d'isolement, soit par des manchons de papier sulfurisé.

Les semences obtenues sont mises en stratification dans du sable humide à 5°C pendant 110 jours puis semées au printemps en pépinière de semis à haute densité.

PRODUCTION DES SEMENCES HYBRIDES

A. — Combinaisons avec la variété de Pêche Pavie « Japanese Golden Giant Cling » S. 749

Cette variété de Pêcher a été choisie en raison de sa stérilité mâle et croisée en 1957, 1962 et 1963 avec les variétés de Pêcher suivantes :

- S. 763 « Summer Eath » : lignée albinos ⁽¹⁾, noyau adhérent ;
- S. 300 « Pavie Garau » : lignée à chair jaune, noyau adhérent ;

⁽¹⁾ Les lignées de Pêcher albinos sont dépourvues d'anthocyane, les pétales sont blancs, les anthères jaune pâle, les rameaux verts, les fruits à épiderme vert jaunâtre à chair blanche.

GF. 305 : lignée à chair blanche, noyau libre ;

S. 278-4 : lignée à chair blanche, noyau libre, origine suisse ;

S. 2145 « New Red Peach » : lignée à feuilles pourpres, origine américaine.

et les espèces suivantes :

S. 1490 *Prunus kansuensis* : origine nord-ouest de la Chine ;

S. 2430 *Prunus davidiana* : à fleurs blanches ;

P. 1903 *Prunus davidiana* : à fleurs roses ;

S. 1430 *Prunus davidiana* ⁽¹⁾.

Si la préparation du pollen des variétés de Pêcher ne pose aucun problème, la récolte des anthères sur les autres espèces est plus délicate. En effet, les époques de floraison de *P. davidiana* se situent, à Bordeaux, entre le mois de décembre et de janvier, et en février pour *P. kansuensis*. Ces espèces, qui sont originaires de régions très continentales, ont cependant des besoins de froid relativement faibles. Ces besoins étant satisfaits après les premiers froids de décembre, leur floraison s'effectue avec les premiers radoucissements. Les anthères de ces espèces précoces subissent souvent des dégâts de froid et, dans les meilleures conditions on doit conserver le pollen de janvier à mars.

Les résultats des fécondations obtenues dans ces différents croisements ont été rassemblés dans le tableau I.

TABLEAU I

Pourcentages de fécondation obtenus pour les croisements
réalisés sur la variété de Pêcher S. 749

Année	Pollinisateurs	Nombre de fleurs	Nombre de noyaux obtenus	Pourcentage de fécondation
1957	S. 763 <i>P. persica</i>	190	40	21
1957	S. 300 —	375	126	33
1957	GF 305 —	300	117	39
1957	S. 278-4 —	500	100	20
1957	S. 1490 <i>P. kansuensis</i>	248	70	28
1957	S. 1430 (<i>P. davidiana</i> × <i>P. amygdalus</i>) ..	286	63	22
1963	S. 2145 <i>P. persica</i>	698	112	16
1963	S. 1430 <i>P. davidiana</i>	598	17	2,8
1963	P. 1903 —	542	29	5,3
1963	S. 1490 <i>P. kansuensis</i>	729	373	51

On constate que les taux obtenus avec les différents géniteurs Pêcher, sont voisins de 30 p. 100 ce qui correspond au pourcentage de fécondation généralement observé dans le cas de pollinisation naturelle.

Les résultats obtenus avec les deux variétés de *P. davidiana* sont également

⁽¹⁾ S. 1430, introduit comme *P. davidiana*, était en réalité un hybride F₁ de *P. davidiana* × *P. amygdalus* et sa descendance montre par la suite une forte disjonction.

faibles mais peuvent être imputés à la durée de conservation du pollen, cette espèce fleurissant à Bordeaux 80 à 90 jours avant l'espèce *P. persica*.

On constate enfin que la combinaison avec *P. kansuensis* donne en 1957, puis en 1963, des pourcentages de fécondation normaux et parfois excellents.

Les notations de germination des graines obtenues puis du développement des semis en pépinière ont été réalisées au printemps suivant.

L'observation de ces semis nous permet de constater que les pourcentages de germination des hybrides F₁ Pêcher × *P. davidiana* sont faibles ; au contraire et les deux années, les hybrides F₁ Pêcher × *P. kansuensis* germent très bien.

TABLEAU 2

Observations sur la germination des semences hybrides F₁
de la variété de Pêcher S. 749

Année	Pollinisateurs	Pourcentage de germination	Hauteur le 13/5 en cm	Hauteur le 10/6 en cm
1957	S. 763 <i>P. persica</i>	16	7,4	25
—	S. 300 —	55	11,9	28
—	GF. 305 —	38	11,0	28
—	S. 278-4 —	58	13,0	29
—	S. 1490 <i>P. kansuensis</i>	60	13,0	33
—	S. 1430 (<i>P. davidiana</i> × <i>P. amygdalus</i>) ..	33	non mesuré	très irrégulier
1963	S. 2145 <i>P. persica</i>	normal	croissance normale	
—	S. 2430 <i>P. davidiana</i>	faible		
—	S. 1903 —	—	plus vigoureux que	
—	S. 1490 <i>P. kansuensis</i>	normal	les pêchers purs	

En végétation, les hybrides de *P. kansuensis* montrent une plus grande vigueur et une coloration du feuillage d'un vert plus foncé. Les dimensions des feuilles sont également différentes, plus étroites en particulier que celles des hybrides entre lignées de Pêcher (tabl. 3).

TABLEAU 3

Dimensions moyennes des feuilles des hybrides F₁
de la variété de Pêcher S. 749 (sur 30 feuilles)

Pollinisateurs	Longueur en mm	Largeur en mm
S. 300 Pêcher	108,0	20,0
S. 278-4 Pêcher	98,4	18,7
S. 1490 <i>P. kansuensis</i>	93,2	17,0

A l'arrachage, en hiver, les plants hybrides présentent des aspects et des coloris très différents selon les combinaisons (tabl. 4).

TABLEAU 4

*Aspect morphologique des plants hybrides F₁
issus de la variété de Pêcher S. 749*

Pollinisateurs	Caractères
S. 763 <i>P. persica</i>	Base du rameau gris brun, sommet plus clair. Racines jaune foncé.
S. 300 <i>P. persica</i>	Base du rameau brun verdâtre, vert-jaune au milieu. Racines jaune foncé.
GF. 305 <i>P. persica</i>	Base du rameau gris brun, sommet rouge.
S. 278-4 <i>P. persica</i>	Base du rameau gris brun, sommet rouge.
S. 1490 <i>P. kansuensis</i>	Base du rameau gris-vert, tige grise, lenticelles nombreuses, sommet violacé. Racines assez proches de celles du Pêcher.
S. 1430 (<i>P. davidiana</i> × <i>P. amygdalus</i>)	Port étalé. Pellicule argentée sur le tronc comme sur le <i>davidiana</i> . Racines peu fasciculées, jaune clair, rigides, ensemble irrégulier (F ₂).

Les caractères de *P. kansuensis* dominent d'une manière très nette ceux de *P. persica*.

En résumé on constate que les hybrides F₁ réalisés avec les diverses lignées de Pêcher ne montrent pas ou très peu d'effet d'hétérosis ; par contre, les hybrides entre Pêcher et *P. kansuensis*, après avoir normalement germé dans des conditions de pépinière, montrent une très bonne régularité et un effet d'hétérosis très marqué.

B. — Combinaisons avec la variété de Pêcher S. 300 « Pavie Garau »

Cette variété a été choisie comme parent femelle, en raison d'une assez bonne homozygotie. Les pollinisations ont été faites après castration des fleurs.

Les parents mâles étudiés sont les suivants :

P. 1904 *P. davidiana* ;

S. 3014 *P. persica* : type originaire de Chine, botaniquement assez différent des types de Pêcher indo-européens ;

S. 2827 *P. persica* : type originaire du Moyen-Orient (Israël), sans nectaires ⁽¹⁾ dans le semis duquel un hybride naturel avec un pêcher à glandes réniformes avait été remarqué pour sa grande vigueur (phénomène d'hétérosis) ;

S. 1490 *P. kansuensis*.

⁽¹⁾ Chez le Pêcher il existe des lignées sans glandes (nectaires à la base du limbe) et des lignées avec glandes réniformes. Le caractère est monofactoriel. Les hybrides entre ces deux types sont à glandes circulaires. On trouve chez les variétés multipliées végétativement ces trois types de glandes.

Les pourcentages de fécondation (tabl. 5) relativement faibles peuvent s'expliquer par les légères blessures de l'ovaire et du style faites lors de la castration des fleurs.

TABLEAU 5

Pourcentages de fécondations obtenus pour croisements réalisés sur la variété de Pêcher S. 300

Pollinisateurs	Nombre de fleurs	Nombre de noyaux obtenus	Pourcentage de fécondation
P. 1904 <i>P. davidiana</i>	280	45	16
S. 3014 <i>P. persica</i>	340	67	25
S. 2827 —	380	55	14
S. 1490 <i>P. kansuensis</i>	620	15	0,2

Le taux exceptionnellement bas obtenu cette année-là avec *P. kansuensis* s'explique par le faible pouvoir germinatif du pollen. Les anthères avaient en effet subi des dégâts de gel.

Les observations en pépinières de semis, puis en pépinières de greffage, permettent de constater un effet d'hétérosis très marqué avec certaines combinaisons. La comparaison est faite avec le semis de la même variété S. 300 autofécondée (tabl.6).

TABLEAU 6

Observations de la germination des graines et de la vigueur des jeunes plants hybrides F₁ obtenus avec la variété de Pêcher S. 300 utilisée comme parent femelle

Pollinisateurs	Pourcentage de germination	Hauteur moyenne à l'arrachage	Hauteur moyenne à la 2 ^e an.	Coefficient de variation à la 2 ^e an.
P. 1904 <i>P. davidiana</i>	15	145,6	182,1	
S. 3014 <i>P. persica</i>	41	148,4	188,8	7,2
S. 2827 —	40	141,0	176,5	6,5
S. 300 Autofécondation	conditions différentes	123,3	158,4	6,3
S. 1490 <i>P. kansuensis</i>	27	180,0		
p.p.d.s.		15,8		

La comparaison des hauteurs moyennes des semis de un an issus d'autofécondation de la variété S. 300 avec ceux issus des combinaisons hybrides, permet d'observer un effet de vigueur hybride significatif. Cet effet est plus important avec le géniteur *P. kansuensis* qu'avec les autres parents.

DISCUSSION ET CONCLUSION

La production de semences hybrides *P. persica* $\times$ *P. persica*, en utilisant comme parents femelles des variétés mâles stériles, est relativement aisée à réaliser. Les époques de floraison des différentes variétés de Pêcher ne sont pas très éloignées, les taux de fécondation sont généralement satisfaisants ainsi que les pourcentages de germination des semences.

Les combinaisons *P. persica* $\times$ *P. persica* ne donnent cependant pas, ou très peu, d'effet d'hétérosis et leur utilisation comme porte-greffes n'apporterait probablement pas un gain appréciable de vigueur aux variétés greffées.

Par contre, la possibilité de production de plants hybrides issus de croisements entre l'espèce Pêcher, utilisée comme parent femelle, et des espèces voisines comme *P. davidiana*, *P. kansuensis* et certains *P. persica*, originaires de Chine, est à envisager.

Certains de ces géniteurs sont à floraison très précoce (*P. davidiana*) ou précoce (*P. kansuensis*). Il est donc nécessaire, dans les conditions expérimentales actuelles, de récolter le pollen un mois ou deux avant la floraison des pêchers et de le conserver au froid.

D'autres possibilités peuvent être envisagées pour faire coïncider les époques de floraison de ces espèces ; d'une part, la mise au repos prolongée des arbres à floraison précoce, choisis comme pollinisateurs ; — ceci pourrait être réalisé en plaçant en chambre froide des arbres en containers — d'autre part, l'implantation de vergers producteurs de semences hybrides dans des régions très continentales où la floraison des différentes espèces est beaucoup plus groupée : c'est le cas de régions telles que l'Azerbaïdjan et le Turkestan et même, dans une certaine mesure, du Valais (Suisse) où, à la fin de l'hiver succède très brusquement le beau temps.

Des régions à hivers doux où il est possible de faire coïncider la floraison de certains pêchers précoces à faibles besoins de froid avec certains *P. amygdalus* ou *P. davidiana* devraient également convenir (Sud tunisien, Israël).

Les petits lots de plants hybrides obtenus de manière expérimentale par les croisements Pêcher $\times$ *P. kansuensis* et Pêcher $\times$ *P. davidiana* ont donné, après le greffage par le Pêcher, des comportements très intéressants, aussi bien en ce qui concerne le développement des arbres, la résistance à la sécheresse ou au calcaire, que la productivité et la qualité du fruit.

Il est intéressant de signaler que l'utilisation des plants issus de la F_2 plus facilement produits que ceux de la F_1 , peut être envisagée dans certains cas. Si les F_2 des croisements Pêcher $\times$ Amandier et Amandier $\times$ *davidiana* ne peuvent être utilisées, en raison de la très grande irrégularité morphologique et physiologique des semis dues à la disjonction des caractères, les F_2 des croisements Pêcher $\times$ *P. kansuensis* et Pêcher $\times$ *P. davidiana* peuvent, sur le plan agronomique, présenter un intérêt comme porte-greffes, en raison d'une disjonction beaucoup moins importante.

SUMMARY

STUDY OF THE POSSIBILITIES OF PRODUCING
INTRA- AND INTERSPECIFIC F₁ HYBRIDS IN THE SUB-GENUS *AMYGDALUS*.

I. — HÉTÉROSIS IN *PRUNUS PERSICA* HYBRIDIZED BY *PRUNUS PERSICA*,
PRUNUS DAVIDIANA AND *PRUNUS KANSUENSIS*

With the object of producing rootstocks giving a greater vigour to the Peach and Almond-tree than the self-fertilized seedlings normally used, hybridization tests were carried out from 1957 to 1970 between types of *Prunus persica* and other closely related species. *Prunus persica* × *Prunus persica* combinations give high rates of fertilization and good germination of hybrid seeds but these seedlings generally show either very slight or no heterosis. On the other hand, the combinations *Prunus persica* × *Prunus davidiana* and particularly *Prunus persica* × *Prunus kansuensis*, while maintaining good fertilization and germination percentages, show good hybrid vigour. These two species, originated from China, unfortunately have a very early flowering period which requires a long period of pollen storage and prevents, in the immediate future the realization of hybridizations by orchard insects.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1937. *Prunus kansuensis*. *The Gardener's Chronicle*, n° 5017, p. 119.
- BERNHARD R., 1965. La propagation des variétés de Pêcher. Les porte-greffes utilisés. *Communication au « Congrès du Pêcher », Vérone (Italie), 20-24 juillet 1965*.
- BERNHARD R., GRASSELLY Ch., 1964. Travaux de sélection sur les semis de Pêcher porte-greffes. *95^e Congrès de la Société pomologique de France*, 151-169.
- MEADER E. M., BLAKE M. A., 1938. Some plant characteristics of the progeny of *Prunus persica* and *Prunus kansuensis* crosses. *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, **36**, 287-291.
- MEADER E. M., BLAKE M. A., 1939. Some plant characteristics of the second generation progeny of *Prunus persica* and *Prunus kansuensis*. *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, **37**, 223-231.
- RIGOTTI R., 1942. Un nuovo portainnesto del Pesco (*Prunus persica* × *Prunus davidiana*). *Italia agricola*, déc. 1942.
- RIGOTTI R. (Communication personnelle).
-

ÉTUDE DE DEUX GÈNES DE COLORATION BRUNE DE LA GRAINE DE TOMATE

Jacqueline PHILOUZE

Station d'Amélioration des Plantes maraîchères,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
84140 Montfavet

RÉSUMÉ

L'étude des gènes *bs* et *bs-2*, responsables d'une pigmentation brune de l'albumen de la graine de Tomate, a été entreprise dans le matériel d'origine « Sioux » *bs* et « Piéralbo » *bs-2*, et dans une série de lignées où ces gènes ont été introduits séparément par rétrocroisements. Les lots à graines brunes germent mal, et très irrégulièrement ; des tests de coloration des graines au tétrazolium ont montré que la non germination des graines est due à une modification irréversible des tissus de l'embryon ou de l'albumen. L'influence du génotype est très importante sur le degré de coloration en brun des graines, ainsi que sur le taux moyen de germination. A part les défauts de germination, les gènes *bs* et *bs-2* ne s'accompagnent d'aucun autre défaut sur le plan agronomique dans les six génotypes étudiés.

INTRODUCTION

SORESSI (1967) a le premier décrit un mutant présentant une pigmentation brune de la couche la plus externe de l'albumen de la graine de Tomate (*Lycopersicon esculentum*). Le caractère est contrôlé par le gène récessif *bs*. Nous avons décrit un mutant de même phénotype apparu spontanément dans la variété « Piéralbo ». L'étude génétique de ce mutant (PHILOUZE, 1970) a montré que le caractère de coloration en brun des graines de « Piéralbo » était dû à un gène récessif, différent du gène *bs* et indépendant de celui-ci. Le symbole *bs-2* a été attribué à ce nouveau gène. Actuellement (SORESSI, 1972), on connaît 4 gènes récessifs différents (tabl. 1) qui, à l'état homozygote, se traduisent par le même phénotype de pigmentation brune des graines. Des réapparitions de plusieurs de ces mutants ont été obtenues dans d'autres variétés, de façon spontanée ou par irradiation (SORESSI, 1972).

TABLEAU I

Gènes de coloration en brun de l'albumen de la graine de Tomate

Gène	Référence	Matériel où le mutant est apparu pour la première fois	Mode d'obtention du mutant
<i>bs</i>	SORESSI, 1967	« Sioux »	Méthane sulfonate d'éthyle
<i>bs-2</i>	PHILOUZE, 1970	« Piéralbo »	Spontané
<i>bs-3</i>	YORDANOV et STAMOVA, 1971	Matériel en sélection	Spontané
<i>bs-4</i>	MONTI, 1972 ; SORESSI, 1972	« Moneymaker »	Irradiation aux neutrons

Les gènes *bs* et *bs-2* ont pu être localisés respectivement sur les chromosomes 1 et 7 à l'aide des trisomiques (PHILOUZE et BERTRAN de BALANDA, 1971). Leur localisation plus précise sur leurs chromosomes respectifs a été effectuée grâce à une série de tests avec des gènes marqueurs situés sur ces chromosomes (PHILOUZE, 1973).

Le caractère de coloration en brun de la graine présente *a priori* un grand intérêt : il se voit en effet dès l'ouverture du fruit lors de l'extraction des graines. Il semblerait donc particulièrement intéressant d'utiliser l'un ou l'autre des gènes de coloration de la graine comme marqueur dans les lignées femelles destinées à la fabrication des hybrides F_1 commerciaux. SORESSI (1970) a dressé un schéma précis pour la fabrication d'hybrides F_1 , faisant appel à deux lignées parentales possédant des gènes différents de pigmentation brune de l'albumen, à une pollinisation réalisée par les insectes, à une récolte en mélange des fruits sur les deux lignées parentes et à un tri électronique des graines hybrides de couleur normale et des graines des lignées parentales de couleur brune.

Cependant, l'utilisation pratique des mutants à graines brunes se heurte à une difficulté de germination de ces graines. C'est ce qu'ont montré nos premiers tests avec les gènes *bs* et *bs-2* (PHILOUZE, 1970). Nous avons éprouvé les mêmes difficultés avec le mutant *bs-3* fourni par STAMOVA.

Dans cet article, nous nous bornerons à l'étude des gènes *bs* et *bs-2*, que nous avons introduits séparément dans plusieurs lignées. Dans la première partie, nous étudierons le matériel d'origine « Sioux » *bs* et « Piéralbo » *bs-2*, dont nous avons testé la germination après avoir fait varier différents facteurs tels que le degré de maturation des fruits, leur date de récolte, la méthode de nettoyage des graines et l'âge de ces dernières. Des tests de coloration de graines dans une solution d'un sel de tétrazolum ont aussi été effectuées. Dans la deuxième partie, nous rendrons compte d'observations sur le comportement des gènes *bs* et *bs-2* dans six génotypes différents. Ces observations concernent l'aptitude à la germination des différentes lignées à graines brunes, l'intensité de la coloration des graines, ainsi que la comparaison sur le plan agronomique des lignées à graines brunes et de celles à graines normales.

I. — ÉTUDE DU MATÉRIEL, D'ORIGINE « SIOUX » *bs* ET « PIERALBO » *bs-2*

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous disposions au départ de « Sioux » *bs* fourni par SORESSI, et de « Piéralbo » *bs-2*. Nous avons choisi comme témoin la variété « Piéralbo » à graines normales.

Essais de germination

Le nettoyage des graines utilisées pour ces essais a été réalisé selon différentes méthodes :

a) nettoyage dans une solution d'acide chlorhydrique et d'enzymes pectolytiques pendant 24 heures. La solution mère à 2 p. 100 d'acide chlorhydrique est utilisée à raison d'un volume pour un volume de graines et pulpe. C'est cette méthode qui est utilisée couramment à la Station de Montfavet (LATERROT et PECAUT, 1965);

b) nettoyage dans une solution d'acide acétique et d'enzymes pectolytiques pendant 24 heures. La solution mère, à 1,2 p. 100 d'acide acétique est utilisée à raison d'un volume pour un volume de graines et pulpe ;

c) nettoyage par fermentation pendant 3 à 4 jours.

Dans les 3 cas, les graines subissent ensuite un abondant rinçage à l'eau.

Quand les 3 méthodes de nettoyage sont appliquées à un lot, les graines du lot sont extraites, dans un même récipient, mélangées, puis divisées en 3 parties égales qui subiront un nettoyage différent.

Les essais de germination ont été réalisés :

- soit en terrines contenant du terreau désinfecté et placées en serre ;
- soit en boîtes de Petri, sur papier filtre maintenu humide.

La température pendant ces essais était de 20 à 25°C.

Essai n° 1 : Étude de l'effet sur la germination du degré de maturation des fruits au moment de l'extraction des graines.

L'essai portait sur 3 lots : « Sioux » *bs*, « Piéralbo » *bs-2* et « Piéralbo » témoin. Les plantes ont été cultivées au champ en 1969, les fruits récoltés le 4 août à 2 stades de maturité : a) fruits roses en tout début de maturité ; b) fruits bien mûrs. Les graines ont été extraites, et nettoyées dans une solution d'acide acétique. Le semis a été effectué le 5 août 1969, aussitôt après le rinçage des graines et avant séchage, à raison de 50 graines par lot en boîte de Petri. La germination a été notée entre le quatrième et le dix-septième jour après le semis.

Les extractions de graines, dans tous les autres essais, ont été faites à partir de fruits bien mûrs.

Essai n° 2 : Étude de l'effet sur la germination de la méthode de nettoyage, et de l'âge des graines.

L'essai portait sur 3 lots : « Sioux » *bs*, « Piéralbo » *bs-2* et « Piéralbo » témoin. Les plantes ont été cultivées au champ en 1969, les graines extraites le 4 août 1969 et nettoyées selon 3 méthodes : solution d'acide chlorhydrique, solution d'acide acétique et fermentation.

Quatre essais de germination, à un mois et plus d'intervalle, ont été réalisés à partir des mêmes lots de graines.

1° semis : les graines sont mises à germer en boîtes de Petri aussitôt après rinçage et avant séchage, soit le 5 août 1969 pour les lots nettoyés dans les solutions d'acide, et le 8 août 1969 pour les lots nettoyés par fermentation ; semis de 50 graines par lot ;

2° semis le 17 septembre 1969 en terrines, de 100 graines par lot ;

3° semis le 14 octobre 1969 en boîtes de Petri, de 50 graines par lot ;

4° semis le 21 novembre 1969 en terrines, de 100 graines par lot ;

La germination a été notée entre le cinquième et le quarantième jour après le semis.

Essai n° 3 : Étude de l'effet sur la germination de la date de récolte des fruits, de la méthode de nettoyage des graines, et de l'âge des graines.

L'essai portait sur 3 lots : « Sioux » *bs*, « Piéralbo » *bs-2* et « Piéralbo » témoin. Les plantes ont été cultivées au champ en 1970. Les fruits ont été récoltés et les graines extraites à trois reprises, les 14 et 27 juillet et le 10 août. A chaque date les trois méthodes de nettoyage des graines ont été utilisées. L'essai de germination a été réalisé à deux reprises, à plus de trois ans d'intervalle, avec semis en terrines le 10 septembre 1970 et le 20 décembre 1973, à raison de 100 graines par lot. La germination a été notée entre le huitième et le quarantième jour après le semis. On a également noté le nombre de plantules borgnes, c'est-à-dire de plantules qui ont développé leurs cotylédons mais dont le bourgeon terminal est avorté.

Test de coloration de graines avec un sel de tétrazolum

Cette méthode, couramment utilisée pour de nombreuses espèces végétales, repose sur le fait qu'un sel de tétrazolum, incolore en solution aqueuse, est réduit en formazan rouge et insoluble dans l'eau par les déshydrogénases contenues dans les tissus vivants ; les tissus non vivants ne se colorent pas.

Nous avons choisi 5 lots de graines dont la germination a été préalablement contrôlée par un semis de 100 graines en terrines de telle sorte que les pourcentages de germination s'échelonnent de 0 à 100 :

« Sioux » <i>bs</i>	45 p. 100
« Sioux » <i>bs</i>	13 —
« Piéralbo » <i>bs-2</i>	0 —
« Piéralbo » <i>bs-2</i>	72 —
« Piéralbo » témoin.....	100 —

Nous avons suivi dans ses grandes lignes la méthode décrite par BULAT et SHRIVASTAVA (1963). Des graines des 5 lots ont été mises à tremper dans l'eau pendant 24 heures. Les téguments ont ensuite été coupés avec une lame de rasoir en deux endroits, du côté du micropyle et du côté opposé, de façon à permettre la pénétration de la solution de tétrazolum. Les graines ainsi entaillées ont été placées pendant 24 heures dans une solution de rouge de tétrazolum à 1 p. 100 à la température du laboratoire.

Puis les graines ont été coupées longitudinalement avec une lame de rasoir, et classées en 3 catégories :

1. graines dont l'albumen et l'embryon sont entièrement colorés en rouge ;
2. graines dont une partie de l'albumen ou de l'embryon n'est pas colorée ;
3. graines dont ni l'albumen ni l'embryon n'est coloré.

L'observation à l'œil nu est suffisante le plus souvent, elle a parfois été complétée par une observation à la loupe binoculaire pour les cas où seule une très petite fraction de la graine n'est pas colorée.

RÉSULTATS

Essais de germination

Les résultats sont donnés dans les tableaux 2 (essai n° 1), 3 (essai n° 2) et 4 (essai n° 3).

Ces essais montrent que la germination de « Sioux » *bs* et de « Piéralbo » *bs-2* est lente, et que le taux final de germination est extrêmement irrégulier selon les cas et parfois très faible. Les graines extraites à partir de fruits bien mûrs germent mieux, au moins dans le cas de « Piéralbo » *bs-2*, que celles extraites à partir de fruits n'ayant pas atteint la pleine maturité (tabl. 2).

Les taux de germination varient dans d'énormes proportions pour une même date d'extraction selon la méthode de nettoyage (tabl. 3 et 4), et pour une même méthode de nettoyage selon la date d'extraction (tabl. 4). Les taux de germination

TABLEAU 2

Essai n° 1 : étude de l'effet sur la germination du degré de maturation des fruits au moment de l'extraction des graines

Graines extraites le 4-8-1969 et nettoyées dans une solution d'acide acétique.
Semis le 5-8-1969 en boîtes de Petri de 50 graines par lot

Degré de maturation des fruits au moment de l'extract. des graines	Lot	Pourcentage de germination		
		Nbre de jours après le semis		
		4	8	17
Fruits roses, avant maturité complète	« Sioux » <i>bs</i>	0	0	4
	« Piéralbo » <i>bs-2</i>	0	0	2
	« Piéralbo » témoin	40	98	98
Fruits bien rouges à maturité complète	« Sioux » <i>bs</i>	0	0	0
	« Piéralbo » <i>bs-2</i>	2	36	52
	« Piéralbo » témoin	60	98	98

de l'essai rapporté dans le tableau 4 varient ainsi de 0 à 84 p. 100 pour « Sioux » *bs*, de 0 à 96 p. 100 pour « Piéralbo » *bs-2*. Dans cet essai, la germination des graines brunes *bs* et *bs-2* nettoyées dans une solution d'acide est d'autant meilleure que la date de récolte est plus tardive ; au contraire, dans le cas des graines nettoyées par fermentation, la germination est la meilleure pour la récolte la plus précoce.

Le taux de germination des lots de « Sioux » *bs* ne subit pas de modification notable entre la mise en germination aussitôt après le rinçage des graines, et trois mois et demi après l'extraction (tabl. 3). Les lots de « Piéralbo » *bs-2* accusent une baisse de germination assez nette dans les mêmes conditions. Si la diminution du taux de germination de « Piéralbo » témoin a été de 1 à 2 p. 100 en plus de 3 ans, cette diminution est variable selon les lots à graines brunes, en moyenne de 30 p. 100 (tabl. 4).

Enfin, parmi les graines brunes qui germent, plusieurs donnent naissance à des plantules borgnes (tabl. 4).

Test de coloration au tétrazolium

Les résultats sont donnés dans le tableau 5.

Il y a une excellente correspondance entre le pourcentage de graines germées et le pourcentage de graines dont l'albumen et l'embryon se colorent entièrement en rouge en présence de tétrazolium. Il y a une corrélation inverse entre le taux de germination et le pourcentage de graines qui restent entièrement incolores.

Dans la catégorie des graines partiellement colorées, il existe toute la gamme qui va de la graine dont seulement une petite zone n'est pas colorée, à celle où il n'y a qu'une petite tache colorée. Le manque de coloration se situe au niveau de l'embryon, ou de l'albumen, ou de ces deux parties de la graine.

TABLEAU 3

*Essai n° 2 : étude de l'effet sur la germination
de la méthode de nettoyage et de l'âge des graines*

Graines extraites le 4-8-69 et nettoyées dans une solution d'acide chlorhydrique (C), d'acide acétique (A) ou par fermentation (F). Essais *a* et *c* : semis en boîtes de Petri de 50 graines par lot. Essais *b* et *d* : semis en terrines de 100 graines par lot.

Date de semis	Lot	Méthode de nettoyage des graines	Pourcentage de germination					
			Nombre de jours après le semis					
			5	8	13	17	19	40
(a) 5-8-69 pour C et A 8-8-69 pour F	« Sioux » <i>bs</i>	C	0	0	0	2	—	—
		A	0	0	0	0	—	—
		F	6	—	32	32	—	—
	« Piéralbo » <i>bs-2</i>	C	0	0	0	0	—	—
		A	2	36	50	52	—	—
		F	0	—	14	16	—	—
	« Piéralbo » témoin	C	92	98	98	98	—	—
		A	84	98	98	98	—	—
		F	96	—	100	100	—	—
(b) 17-9-69	« Sioux » <i>bs</i>	C	—	2	7	—	7	7
		A	—	0	0	—	0	0
		F	—	2	24	—	33	48
	« Piéralbo » <i>bs-2</i>	C	—	0	0	—	0	0
		A	—	1	31	—	37	39
		F	—	0	5	—	6	7
	« Piéralbo » témoin	C	—	98	99	—	99	99
		A	—	94	99	—	99	99
		F	—	96	100	—	100	100
(c) 14-10-69	« Sioux » <i>bs</i>	A	—	0	0	0	—	
		F	—	16	28	34	38	—
	« Piéralbo » <i>bs-2</i>	C	—	0	0	0	0	—
		A	—	12	38	44	44	—
		F	—	0	0	2	2	—
	(d) 21-11-69	« Sioux » <i>bs</i>	A	—	—	0	0	0
F			—	—	8	22	26	34
« Piéralbo » <i>bs-2</i>		A	—	—	3	13	27	33
		F	—	—	1	2	2	2

TABLEAU 4

*Essai n° 3 : étude de l'effet sur la germination
de la date de récolte des fruits,
de la méthode de nettoyage des graines et de l'âge des graines*

Pourcentage de graines germées et nombre de plantules borgnes. Graines nettoyées dans une solution d'acide chlorhydrique (C), d'acide acétique (A), ou par fermentation (F). Semis en terrines de 100 graines par lot.

Lot	Date de récolte des fruits	Méthode de nettoyage des graines	Semis le 10-9-70				Semis le 20-12-73			
			Pourcentage de germination Nombre de jours après le semis			Nombre borgnes p. 100 plantules germées	Pourcentage de germination Nombre de jours après le semis			Nombre borgnes p. 100 plantules germées
			8	15	40		8	15	40	
« Sioux » bs	14-7-70	C	0	1	1	0	0	2	2	0
		A	0	0	0	—	0	0	0	—
		F	0	21	77	0	0	33	52	0
	27-7-70	C	10	30	56	9	0	33	45	2
		A	0	15	41	0	0	1	22	0
		F	0	2	9	0	1	4	13	0
	10-8-70	C	10	46	84	2	1	52	71	0
		A	12	49	79	0	0	14	51	0
		F	0	1	8	0	0	1	5	0
« Piéralbo » bs-2	14-7-70	C	0	0	0	—	0	0	0	—
		A	0	0	0	—	0	0	0	—
		F	0	2	31	7	0	0	14	0
	27-7-70	C	0	3	5	0	0	2	4	0
		A	1	7	28	18	0	0	7	14
		F	0	0	0	—	0	0	1	0
	10-8-70	C	13	74	82	1	0	55	72	1
		A	8	79	96	0	0	72	96	1
		F	0	0	4	25	0	0	0	—
« Piéralbo » témoin	14-7-70	C	87	96	98	0	28	96	97	0
		A	95	98	98	0	53	95	95	0
		F	89	100	100	0	60	97	98	0
	27-7-70	C	99	99	100	0	36	100	100	0
		A	98	100	100	0	35	98	98	0
		F	100	100	100	0	38	82	98	1
	10-8-70	C	96	100	100	0	22	100	100	0
		A	97	100	100	0	46	98	98	0
		F	93	96	97	0	73	98	98	0

TABLEAU 5

Résultats du test de coloration des graines au tétrazolium

Lot	Pourcentage de germination	Nombre de graines observées	Pourcentage de graines où la coloration est		
			complète	partielle	nulle
« Sioux » bs	45	100	45	46	9
« Sioux » bs	13	55	14	44	42
« Piéralbo » bs-2	0	50	0	0	100
« Piéralbo » bs-2	72	100	73	24	3
« Piéralbo » témoin	100	50	100	0	0

DISCUSSION

La non coloration des graines au tétrazolium dénote une absence d'activité déshydrogénasique, qui peut être due à la mort des tissus. On peut aussi imaginer que la présence d'inhibiteurs particuliers chez les graines brunes, ou de conditions particulières d'action pour des inhibiteurs ordinaires, sont susceptibles de provoquer des blocages au niveau des réactions enzymatiques. Les essais que nous avons réalisés ne nous permettent pas d'exclure *a priori* une telle hypothèse : nous nous bornerons donc actuellement à constater ce que nous appellerons une inactivation des tissus.

Cette inactivation explique que toutes les tentatives que nous avons faites pour améliorer la germination des graines brunes, et dont nous ne donnerons pas ici le détail, se sont soldées par des échecs : étude de la germination après avoir lésé à l'aide d'une aiguille les téguments et la couche brune de l'albumen, ou après trempage des graines dans une solution d'eau de Javel à 2,5 p. 100 pendant une heure, dans de l'eau oxygénée pendant une heure, ou dans une solution de gibbérelline (gamme de concentration de 100 à 1 000 p.p.m., pendant 5 à 25 h). La non-germination n'est pas due à une dormance qui pourrait être levée, soit par le temps, soit par une action mécanique ou une substance chimique classique.

Nous ignorons la nature du pigment brun, ainsi que les raisons pour lesquelles la présence de ce pigment situé dans la couche extérieure de l'albumen s'accompagne souvent et de façon imprévisible de l'inactivation d'une partie ou de la totalité des tissus de l'albumen ou de l'embryon. Ce phénomène se situe au moment de l'extraction des graines, ou avant. Le fait que les semences d'un même lot réagissent d'une façon très marquée à la méthode utilisée pour leur nettoyage montre la très grande fragilité de leurs tissus. Si, au moins pour certains lots, les semences sont vivantes au moment de l'extraction, elles peuvent être complètement inactivées par des traitements de nettoyage qui ne montrent habituellement aucune toxicité.

II. — ÉTUDE D'UN MATÉRIEL *bs* ET *bs-2* OBTENU PAR SÉLECTION

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons introduit les gènes *bs* et *bs-2* séparément dans 6 lignées différentes. La F_1 a été suivie de 5 rétrocroisements sur le parent récurrent, puis de 2 autofécondations pour fixer le caractère et disposer de graines en quantité suffisante. Les graines issues de l'autofécondation de plantes hétérozygotes pour *bs* ou *bs-2* étaient nettoyées selon la méthode habituelle dans une solution d'acide chlorhydrique et d'enzymes pectolytiques, les graines brunes et les graines normales étaient triées sur tamis après rinçage et avant séchage : le caractère se voit en effet beaucoup plus nettement sur graines mouillées que sur graines sèches. Au cours de la sélection, on a noté des différences importantes dans l'intensité de la coloration brune des graines *bs* ou *bs-2* selon la variété récurrente. Ainsi il était souvent difficile de trier les graines *bs* ou *bs-2* des graines normales dans les génotypes « Apédice » et « Montfavet 170 ». Le tri entre graines brunes et graines normales n'a pas posé de problèmes avec les autres variétés.

Le matériel dont nous disposons est donné dans le tableau 6.

TABLEAU 6

Lignées bs et bs-2 obtenues après 5 rétrocroisements sur le parent récurrent

Variété récurrente	Intérêt de la variété	Nombre de lignées <i>bs</i>	Nombre de lignées <i>bs-2</i>
« Apédice »	parent de la F_1 « Montfavet n° 63-5 »	2	—
« Porphyre »	parent des F_1 « Montfavet n° 63-5 » et « n° 63-4 »	2	1
« Monalbo »	variété INRA inscrite au catalogue	2	1
« Heinz 1370 »	variété américaine cultivée pour l'industrie	2	1
« Montfavet 170 »	lignée INRA utilisée en sélection	2	1
« Piéralbo »	variété INRA inscrite au catalogue	2	1*
« Sioux »	—	1*	—

* : matériel de départ.

Dans le cas de *bs*, nous avons retenu 2 lignées par type variétal, ceci au niveau du dernier rétrocroisement réalisé : 2 plantes *bs*/+ ont été repérées et autofécondées. Il s'agit donc de lignées sœurs.

Étude de l'effet sur la germination du gène bs introduit dans plusieurs types variétaux (essai n° 4)

On a cultivé au champ en 1972 huit lignées *bs* (2 « Apédice », 2 « Monalbo », 2 « Heinz 1370 », 1 « Montfavet 170 », 1 « Piéralbo ») et 5 variétés récurrentes témoins. Les récoltes des fruits ont été effectuées le 17 juillet et le 16 août pour « Apédice », le 15 août pour « Monalbo », « Piéralbo » « Heinz 1370 », et le 16 août pour « Montfavet 170 ». Les graines ont été nettoyées dans une solution d'acide acétique. Le semis a été effectué le 9 novembre 1972 en terrines à raison de 100 graines par lot. La germination a été notée entre le onzième et le vingt-cinquième jour après le semis.

*Étude de l'effet sur la germination des gènes bs ou bs-2 introduits
dans plusieurs types variétaux (essai n° 5),
observation de l'intensité de la coloration brune
selon le génotype et étude agronomique de ce matériel*

Le matériel en essai est celui figurant dans le tableau 6, à la différence près que la lignée « Montfavet 170 » bs-2 disponible pour cet essai n'avait subi que 4 rétrocroisements. L'essai comprenait en outre les 6 variétés récurrentes témoins.

La culture a été réalisée au champ en 1973 dans les conditions suivantes : semis le 23 mars, repiquage le 9 avril, plantation le 7 mai de 2 répétitions de 5 plantes par lot. Les plantes ont été tuteurées, conduites sur une branche et taillées à 4 bouquets.

Pour l'étude agronomique du matériel, les fruits ont été récoltés, pesés et comptés à différentes dates, pour comparer les performances des lignées à graines brunes à celles des témoins à graines normales.

A chaque date de récolte, des graines des différents lots ont été extraites, et nettoyées soit dans une solution d'acide chlorhydrique, soit par fermentation. Le semis pour l'essai de germination a été effectué entre le 25 et le 28 septembre 1973 en terrines. La germination a été notée jusqu'au quarante-deuxième jour après le semis. Pour chaque lot, on a semé 2 répétitions de 50 graines, la répétition au niveau de l'essai germination correspondant à la répétition au champ. On a également noté le nombre de plantules borgnes.

L'intensité de la coloration brune des graines a été observée à l'œil nu sur ce matériel après immersion dans l'eau d'environ 200 graines.

TABLEAU 7

*Essai n° 4 : étude de l'effet
sur la germination du gène bs introduit dans plusieurs types variétaux*
Graines nettoyées dans une solution d'acide acétique
Semis le 9-11-72 en terrines de 100 graines par lot

Type variétal	Lignée	Date de récolte des fruits (en 1972)	Pourcentage de germination		
			Nbre de j après le semis		
			11	15	25
« Apédice »	bs lignée 4	17-7	53	63	64
		16-8	91	94	95
	bs lignée 5	17-7	21	27	32
		16-8	79	84	85
	témoin	17-7	64	66	67
		16-8	92	93	95
« Monalbo »	bs lignée 2	15-8	16	65	83
	bs lignée 5	15-8	11	67	86
	témoin	15-8	98	99	99
« Heinz 1370 »	bs lignée 3	15-8	7	36	42
	bs lignée 5	15-8	18	57	63
	témoin	15-8	82	88	89
« Montfavet 170 »	bs lignée 1	16-8	91	97	97
	témoin	16-8	100	100	100
« Piéralbo »	bs lignée 1	15-8	67	92	94
		15-8	99	99	99

TABLEAU 8. — Essai n° 5 : étude de l'effet sur la germination des gènes bs ou bs-2 introduits dans plusieurs types variétaux

Pourcentage de graines germées 42 jours après le semis, et nombre de plantules borgnes. Graines nettoyées dans une solution d'acide chlorhydrique (C) ou par fermentation (F), Semis en terrines du 25 au 28 septembre 1973, de 2 répétitions de 50 graines par lot.

Type variétal	Lignée	Méthode extract. graines	Pourcentage de germination Date de récolte des fruits (en 1973)					Pourcen- tage moyen de germin- ation	Nbre de borgnes pour 100 plantules germées
			9-7	17-7	23-7	2-8	9-8		
« Apédice »	bs lignée 4	C	87	63	—	95	—	77	0,7
		F	83	65	—	69	—		
	bs lignée 5	C	23	13	—	88	—	40	2,0
		F	48	27	—	41	—		
	témoin	C	84	82	—	96	—	86	0,9
		F	78	83	—	95	—		
« Porphyre »	bs lignée 1	C	—	—	88	94	96	79	0,8
		F	—	—	42	73	—		
	bs lignée 4	C	—	—	80	91	93	71	0,3
		F	—	—	23	68	—		
	bs-2	C	—	—	64	94	64	54	1,9
		F	—	—	19	27	—		
	témoin	C	—	—	97	100	98	98	0
		F	—	—	98	96	—		
« Monalbo »	bs lignée 2	C	—	—	79	93	38	64	0,6
		F	—	—	48	62	—		
	bs lignée 5	C	—	—	70	77	55	63	5,7
		F	—	—	25	87	—		
	bs-2	C	—	—	74	92	67	62	1,9
		F	—	—	38	40	—		
	témoin	C	—	—	94	98	99	97	0,4
		F	—	—	95	99	—		
« Heinz 1370 »	bs lignée 3	C	—	—	54	72	71	52	1,5
		F	—	—	39	23	—		
	bs lignée 5	C	—	—	45	82	83	53	2,6
		F	—	—	21	34	—		
	bs-2	C	—	—	12	25	4	11	7,3
		F	—	—	6	6	—		
	témoin	C	—	—	88	90	91	89	1,6
		F	—	—	87	90	—		
« Montfavet 170 »	bs lignée 1	C	—	—	98	98	95	91	0,4
		F	—	—	87	77	—		
	bs lignée 4	C	—	—	95	100	100	97	0
		F	—	—	95	96	—		
	bs-2	C	—	—	95	100	98	96	0,2
		F	—	—	93	95	—		
	témoin	C	—	—	98	98	98	98	0,2
		F	—	—	97	100	—		
« Piéralbo »	bs lignée 1	C	—	—	87	94	91	83	0,5
		F	—	—	80	63	—		
	bs lignée 2	C	—	—	86	97	99	85	0,7
		F	—	—	84	61	—		
	bs-2	C	—	—	0	6	8	7	8,6
		F	—	—	19	0	—		
	témoin	C	—	—	98	100	99	98	0
		F	—	—	96	96	—		
« Sioux »	bs	C	—	—	12	11	10	9	15,6
		F	—	—	7	3	—		

RÉSULTATS

Essais de germination

Les résultats sont donnés dans les tableaux 7 (essai n° 4) et 8 (essai n° 5). Dans le cas de l'essai n° 5, les pourcentages indiqués correspondent à la moyenne des 2 répétitions, les pourcentages dans les 2 répétitions étant le plus souvent en bon accord.

Le nettoyage dans la solution d'acide chlorhydrique des graines des lignées *bs* et *bs-2* a donné de meilleurs résultats que le nettoyage par fermentation, en moyenne, pour l'ensemble des génotypes (tabl. 8). Les lots témoins, dont la germination est correcte, ne montrent pas de différences selon la méthode de nettoyage des graines. Le nombre de plantules borgnes est en corrélation inverse avec la faculté germinative.

On peut classer les lignées *bs*, *bs-2* et témoin, à l'intérieur d'un même génotype, d'après leur taux final moyen de germination (tabl. 7 et 8) :

« Apédice »	: témoin > <i>bs</i> lignée 4 > <i>bs</i> lignée 5
« Porphyre »	: témoin > <i>bs</i> lignée 1 > <i>bs</i> lignée 4 > <i>bs-2</i>
« Monalbo »	: témoin > <i>bs</i> lignée 2 # <i>bs</i> lignée 5 # <i>bs-2</i>
« Heinz 1370 »	: témoin > <i>bs</i> lignée 5 > <i>bs</i> lignée 3 > <i>bs-2</i>
« Montfavet 170 »	: témoin > <i>bs</i> lignée 4 # <i>bs-2</i> > <i>bs</i> lignée 1
« Piéralbo »	: témoin > <i>bs</i> lignée 2 > <i>bs</i> lignée 1 > <i>bs-2</i>

Nous pouvons faire quelques remarques :

— il existe dans certains cas des différences importantes dans la germination entre deux lignées sœurs *bs* : c'est le cas pour « Apédice », où la lignée 4 se comporte beaucoup mieux que la lignée 5 ;

— la germination des lignées *bs* et *bs-2* est toujours inférieure à celle des témoins ;

— dans chaque série, la meilleure lignée *bs* est supérieure à la lignée *bs-2*. La moins bonne lignée *bs* est encore supérieure ou égale à la lignée *bs-2*, sauf dans le cas de « Montfavet 170 » où les 3 lignées à graines brunes ont un taux de germination très correct. La différence entre lignées *bs* et *bs-2* est très spectaculaire chez « Piéralbo » et « Heinz 1370 », où la germination des lignées *bs-2* est particulièrement mauvaise.

On peut ensuite classer les génotypes d'après le taux final de germination des lignées *bs* (dans ce cas, on ne tient compte que de la meilleure lignée *bs* pour chaque type variétal), et des lignées *bs-2*. Le taux final de germination est exprimé en nombre de plantules levées chez les lignées *bs* ou *bs-2* pour 100 plantules levées chez le témoin (tabl. 9).

« Montfavet 170 » a dans les deux cas la meilleure germination relative, en comparaison avec le témoin. « Apédice » vient ensuite dans le classement des lignées *bs*. Les deux lots d'origine, « Sioux » *bs* et « Piéralbo » *bs-2* sont ceux qui ont le taux de germination le plus bas, ils sont précédés dans les deux classements par « Heinz 1370 ». Les lignées « Piéralbo » *bs*, « Porphyre » *bs* et *bs-2* « Monalbo » *bs* et *bs-2* ont une position intermédiaire.

TABLEAU 9

*Classement des lignées bs et bs-2 selon le nombre de plantules levées
chez ces lignées pour 100 plantules levées chez le témoin*
(Pour « Sioux », nombre de plantules levées pour 100 graines semées)

Classement des lignées bs		Classement des lignées bs-2	
« Montfavet 170 »	99	« Montfavet 170 »	98
« Apédice »	90	« Monalbo »	64
« Piéralbo »	87	« Porphyre »	55
« Porphyre »	81	« Heinz 1370 »	12
« Monalbo »	66	« Piéralbo »	7
« Heinz 1370 »	60		
« Sioux »	(9)		

Observation de l'intensité de la coloration brune des graines selon le génotype

On a immergé dans l'eau des graines de la lignée témoin, de la lignée bs-2, et de celle des 2 lignées bs qui avait le meilleur taux moyen de germination, ceci pour les six génotypes « Apédice », « Porphyre », « Monalbo », « Heinz 1370 », « Montfavet 170 », « Piéralbo », et des graines de la lignée bs de « Sioux ». On a fait cette opération sur des graines extraites le 2 août 1973 avec nettoyage des graines dans une solution d'acide chlorhydrique, date et technique de nettoyage pour lesquelles les graines ont dans l'ensemble le meilleur taux de germination, et sur des graines extraites le 23 juillet 1973 (le 17 juillet pour « Apédice ») avec nettoyage par fermentation, conditions pour lesquelles les graines ont une germination nettement inférieure au cas précédent.

La coloration de la lignée bs dans un génotype et de la lignée bs-2 dans le même génotype sont extrêmement voisines, sinon identiques.

De même, la coloration d'une lignée bs ou bs-2 dont les graines ont été récoltées à 2 dates différentes et dont les taux de germination peuvent être très différents, reste dans la même gamme d'intensité. Ainsi la lignée « Porphyre » bs-2 récoltée le 2 août (germination 94 p. 100) a des graines d'un brun aussi foncé que les graines récoltées le 23 juillet (germination 19 p. 100).

On peut classer les génotypes en deux groupes principaux, selon que les graines bs ou bs-2 sont brun foncé ou brun clair :

- coloration brun foncé :
 - brun très foncé : « Sioux », « Monalbo », « Porphyre » ;
 - brun moyen : « Piéralbo », « Heinz 1370 » ;
- coloration brun clair : « Montfavet 170 » et « Apédice ».

Les 6 lots témoins ont une coloration claire, on ne peut pas les distinguer les uns des autres à l'œil nu.

La lignée « Apédice » bs n° 4 a des graines dont la coloration est pratiquement normale, difficile à distinguer des lots témoins. Cependant, la lignée bs n° 5, qui a

un taux de germination très inférieur à la lignée *bs* n° 4, à des graines brun nettement plus foncé.

Le génotype a donc une influence considérable sur l'intensité de la coloration des graines des lignées *bs* ou *bs-2*. Les autres facteurs, tels que les gènes *bs* ou *bs-2* eux-mêmes, et les facteurs du milieu, par exemple les dates et les méthodes d'extraction, qui influent sur le taux de germination, ne jouent aucun rôle, au moins de façon perceptible à l'œil nu, sur la coloration brune des graines.

Essai de valeur agronomique

Les résultats sont donnés dans le tableau 10. On compare les rendements cumulés à différentes dates de récolte, le poids moyen des fruits des lignées *bs* ou *bs-2* par rapport au témoin, dans un même type variétal.

TABLEAU 10

*Comparaison des performances agronomiques de lignées *bs*, *bs-2* ou à graines normales, dans différents types variétaux*

Type variétal	Lignée	Rendements cumulés (kg par plante) à différentes dates					Poids moyen des fruits (g)
		9-7	17-7	23-7	2-8	9-8	
« Apédice »	<i>bs</i> lignée 4	0,84	1,31	—	1,63	1,72	66
	<i>bs</i> lignée 5	0,84	1,36	—	1,76	1,81	74
	témoin	0,83	1,47	—	2,31	2,36	90
« Porphyre »	<i>bs</i> lignée 1	—	—	1,75	2,91	3,57	150
	<i>bs</i> lignée 4	—	—	1,81	3,10	3,56	145
	<i>bs-2</i>	—	—	1,29	3,01	3,64	166
	témoin	—	—	1,53	2,77	3,42	156
« Monalbo »	<i>bs</i> lignée 2	—	—	1,17	2,61	3,10	95
	<i>bs</i> lignée 5	—	—	1,21	2,46	2,90	91
	<i>bs-2</i>	—	—	1,21	2,90	3,55	88
	témoin	—	—	1,19	2,28	2,98	95
« Heinz 1370 »	<i>bs</i> lignée 3	—	—	0,66	1,25	1,47	86
	<i>bs</i> lignée 5	—	—	0,95	1,78	2,17	114
	<i>bs-2</i>	—	—	0,94	1,67	2,00	112
	témoin	—	—	0,75	1,11	1,35	94
« Montfavet 170 »	<i>bs</i> lignée 1	—	—	1,26	3,05	4,37	179
	<i>bs</i> lignée 4	—	—	1,20	2,56	3,82	191
	<i>bs-2</i>	—	—	1,12	2,68	3,84	183
	témoin	—	—	0,58	1,88	3,44	170
« Piéralbo »	<i>bs</i> lignée 1	—	—	1,12	2,55	3,38	146
	<i>bs</i> lignée 2	—	—	1,06	2,43	3,47	152
	<i>bs-2</i>	—	—	0,77	1,68	2,70	185
	témoin	—	—	1,24	2,43	3,64	187

Malgré l'imprécision des essais réalisés sur une très petite échelle (les coefficients de variation sont de l'ordre de 10 pour les rendements le 9 août, de 16 pour les rendements aux autres dates, de 9 pour les poids moyens des fruits), nous pensons que les gènes *bs* et *bs-2*, introduits dans une série de génotypes, ne s'accompagnent d'aucun défaut sur le plan agronomique, exception faite des difficultés de germination. En effet, dans aucun cas les analyses statistiques n'ont mis en évidence de différences significatives au seuil 0,05 entre lignées *bs*, *bs-2* et témoin d'un même type variétal, pour la précocité, le rendement, le poids moyen du fruit. L'aspect des plantes et des fruits sont semblables sauf dans le cas des lignées « Apédice » *bs*, où les plantes, peu vigoureuses, ont donné des fruits plus petits — cependant de façon non significative au seuil 0,05 — que le témoin.

DISCUSSION

Les lignées *bs* et *bs-2* se caractérisent par une germination médiocre de leurs graines ainsi que par l'apparition fréquente de plantules borgnes. Leurs performances agronomiques sont par ailleurs comparables à celles des variétés témoins correspondantes.

Les essais et observations réalisés sur le matériel sélectionné permettent de montrer l'influence prépondérante du génotype sur l'intensité de la coloration brune et sur le taux de germination des différentes lignées à graines brunes. Un classement cohérent des lignées *bs* et *bs-2*, d'après leurs taux de germination par rapport à un témoin, a été établi (tabl. 9) et peut être rapproché de celui fait d'après l'intensité de coloration brune des graines :

— les lignées à graines brun clair sont celles qui germent le mieux : « Apédice » et « Montfavet 170 » ;

— les lignées à graines brun foncé germent beaucoup moins bien : « Piéralbo », « Porphyre », « Monalbo », « Heinz 1370 », « Sioux ».

Pendant, à l'intérieur de ces deux grands groupes, il n'y a pas de corrélation entre l'intensité de la coloration et le taux de germination moyen.

Nous ignorons s'il y a une différence dans la nature ou la concentration du pigment entre les lignées à graines brunes appartenant à chacun des deux groupes d'une part, entre lignées à graines brun clair et lignées à graines normales d'autre part.

CONCLUSION

Nous avons montré que la non-germination de nombreuses graines brunes est due à une modification irréversible des tissus de la graine. Les facteurs du milieu jouent un rôle énorme mais difficile à prévoir dans l'état actuel de nos connaissances. Les essais réalisés traduisent une grande fragilité des graines au moment de leur extraction, puisque le taux final de germination varie considérablement selon la date d'extraction des graines et la méthode de nettoyage utilisée.

L'influence du génotype sur le taux moyen de germination et sur l'intensité de coloration des graines brunes est très importante. Cependant on se trouve en présence soit de graines brun clair, dont le taux de germination est correct, mais qu'il est parfois difficile de distinguer des graines normales ; soit de graines brun foncé, dont le taux de germination est extrêmement aléatoire. Rien ne permet de prévoir quelle sera l'intensité de la coloration des graines d'une variété quelconque après introduction du gène *bs* ou *bs-2*.

L'intérêt pratique des gènes *bs* et *bs-2* paraît sérieusement limité par la germination aléatoire des graines possédant l'un ou l'autre de ces gènes. La compréhension, et éventuellement la résolution de ce problème de germination est un préalable indispensable avant d'envisager l'utilisation de lignées à graines brunes. En attendant mieux, les lignées *bs* et *bs-2* peuvent présenter de l'intérêt pour les études théoriques pour lesquelles un marqueur extrêmement précoce est utile.

Reçu pour publication en avril 1974.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier H. A. RENARD, du G.E.V.E.S. à la Minière, pour ses conseils au cours de ce travail et lors de la lecture du manuscrit.

SUMMARY

STUDY OF TWO GENES RESPONSIBLE FOR A BROWN PIGMENTATION OF TOMATO SEED

The study of *bs* and *bs-2* genes, responsible for a brown pigmentation of tomato seed endosperm, was entered upon on the original material « Sioux » *bs* and « Piéralbo » *bs-2*, and on 6 lines in which these genes were introduced separately by backcrossing (« Apédice », « Porphyre », « Monalbo », « Heinz 1370 », « Montfavet 170 » and « Piéralbo »).

The study of the original material showed that the germination percentage of brown seeds was low in general, and very variable between different experiments according to extraction dates and methods used to clean the seeds (cleaning in a chlorhydric acid solution, in an acetic acid solution, or by fermentation). On the other hand, the germination percentage does not improve with time. Colouring the seeds by a tetrazolium salt showed that the lack of germination of brown seeds was the result of a non-reversible modification of the embryo or endosperm tissues. The causes of this accident, that takes place during or before the seeds extraction, are unknown.

The study of the material obtained by selection showed that the effect of the genotype was very important on the brown colour intensity and on the germination percentage of *bs* and *bs-2* seeds. The brown seed lines with the best germination have pale brown seeds. The brown seed versions of the varieties « Apédice » and « Montfavet 170 » belong to this class. The brown seed versions of the varieties « Piéralbo », « Porphyre », « Monalbo », « Heinz 1370 » and « Sioux » have dark brown seeds, the germination of which is very low. Aside from poor germination, the *bs* and *bs-2* genes are not accompanied by any other defect on the agronomical point of view in the six genotypes we studied.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BULAT H., SHRIVASTAVA K. N., 1963. Ursache der Keimunfähigkeit der dunkelgefärbten Samen von spontan entstandenen Tomatenmutanten. *Saatgutwirtsch*, **15**, 40-43.
- LATERROT H., PECAUT P., 1965. La production de semences de Tomate. *Ann. Epiphyties*, **16**, n° hors série I, 163-170.
- MONTI L. M., 1972. Three « brown seed » mutations induced in tomato by neutron treatments. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, **22**, 18.
- PHILOUZE J., 1970. A second gene for brown color of tomato seed. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, **20**, 44.
- PHILOUZE J., 1973. Mapping of *bs-2* on chromosome 7, and of *bs* and *ms-32* on chromosome 1. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, **23**, 28-29.
- PHILOUZE J., BERTRAN de BALANDA J. F., 1971. Chromosome mapping of two genes for brown seed color : *bs* and *bs-2*. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, **21**, 34-35.
- SORESSI G.-P., 1967. Brown seed (*bs*), a tomato seed character which behaves as an endosperm trait. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, **17**, 50.
- SORESSI G.-P., 1970. Tomato hybrid seed production : a further scheme. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, **20**, 58-59.
- SORESSI G.-P., 1972. Allelism test for different brown seed (*bs*) genes. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, **22**, 25-26.
- STAMOVA L., YORDANOV M., 1973. The gene marker *bs-3*. *C. R. Acad. Agric. Bul. Sofia*, **6**, 1, 49-51.
- YORDANOV M., STAMOVA L., 1971. A new brown seed mutant. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, **21**, 41.
-

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 29,7, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles *séparées* seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire*; il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *résumé* (250 mots max.) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion* ; f) *titre et résumé* en anglais ou destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborations, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français *très complet*. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.), l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume, la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés soit à l'état définitif soit à l'état de projets, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit × 0,5, soit × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des Annales est : 12,5 × 19 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité des tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. RIVES ; Centre de Recherches de Bordeaux, 33140 Pont de la Maye, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1974	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 n°s par an	175 F	190 F	35 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n°s par an	135 F	150 F	45 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n°s par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES DE ZOOLOGIE-ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 n°s par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n°s par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n°s par an	135 F	150 F	45 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE 4 n°s par an	175 F	190 F	60 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n°s par an	135 F	150 F	45 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 n°s par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 n°s par an	155 F	170 F	55 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 n°s par an	80 F	90 F	55 F

APIDOLOGIE, 4 n°s par an — Abonnement : France : 38 F
 Étranger sauf R. F. A. : 48 F
 — Le numéro : France : 12 F
 Étranger sauf R. F. A. : 13,50 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Le Pois. Étude génétique des caractères, classification, caractéristiques variétales portant sur les variétés inscrites au catalogue officiel français, par R. Cousin. 111 p. et 140 fiches, 1974.....	150,00 F
Contribution à l'étude de la Faune de France. Systématique de la tribu des Scymnini (Coccinellidae), par J. M. Gourreau. 223 p., 1974.....	85,00 F
Les arbres et arbrisseaux acclimatés en région méditerranéenne française. Catalogue commenté, par P. Augé, P. Allemand, R. Hamès. 144 p., 1973.....	58,85 F
Colloque sur l'ovogenèse et la folliculogenèse, Nouzilly, 14-16 déc. 1972. 258 p., 1973.....	120,00 F
Protoplastes et fusion de cellules somatiques végétales, Versailles, 11-15 septembre 1972. Coédition I. N. R. A.-C. N. R. S. 549 p., 1973.....	160,50 F
Recherches acridiennes à Madagascar. 262 p., 1972.....	80,00 F
IV^e Conférence du groupe international d'étude des virus et des maladies à virus de la vigne, Colmar 16-18 juin 1970. 211 p., 1972.....	60,00 F
Lombriciens de France, Écologie et Systématique par M.-B. Bouché. 671 p., 1972.....	150,00 F
III^e Conférence du Groupe consultatif des Statisticiens forestiers, Jouy en Josas, 7-11 septembre 1970. 332 p., 1972.....	139,75 F
Symposium international sur le soufre en Agriculture. Versailles, 3-4 décembre 1970. 412 p., 1972.....	50,00 F
Organismes du Sol et production primaire — IV^e Colloquium pedobiologiae, Dijon 14-19 septembre 1970. 588 p., 1972.....	65,00 F
La lutte biologique en forêt, Pont-à-Mousson, 12-14 novembre 1969. 212 p., 1971.....	45,00 F
VIII^e Symposium européen sur les maladies à virus des arbres fruitiers. Bordeaux, 24-30 juin 1970. 560 p., 1971.....	65,00 F
Essai de programmation de la Recherche (Département agronomie) par D. Macquart, R. Gras, J. Mamy, L. Turc, J.-P. Deffontaines. 70 p., 1971	30,00 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
 Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
 Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
 A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot.

TABLE DES MATIÈRES

G. DOUSSINAULT, J. KOLLER, H. TOUVIN, Françoise DOSBA. — Utilisation des géniteurs VPM 1 dans l'amélioration de l'état sanitaire du Blé tendre	215
E. POCHARD, H. SERIEYS. — Mise en évidence de différences variétales de transpiration chez l'Aubergine et d'autres Solanacées (<i>Solanum melongena</i> L., <i>Capsicum annuum</i> L., <i>Lycopersicon esculentum</i> MILL.). Conséquences pour l'adaptation à différents climats .	243
C. TENDILLE, M. LECERF. — La multiplication végétative de l'Asperge (<i>Asparagus officinalis</i> L.). Action de divers facteurs, en particulier de la nutrition minérale, sur le développement des méristèmes d'Asperge, sur la croissance des plantules issues de ces méristèmes et sur la production de plantes adultes	269
R. DUMAS DE VAULX, E. POCHARD. — Essai d'induction de la parthénogenèse haploïde par action du protoxyde d'azote sur les fleurs de piments (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	283
Ch. GRASSELLY. — Étude des possibilités de production d'hybrides F_1 intra- et interspécifiques chez le sous-genre <i>Amygdalus</i> . I. — Hétérosis chez <i>Prunus persica</i> hybridé par <i>Prunus persica</i> , <i>Prunus davidiana</i> et <i>Prunus kansuensis</i>	307
Jacqueline PHILOUZE. — Étude de deux gènes de coloration brune de la graine de Tomate.	317

CONTENTS

G. DOUSSINAULT, J. KOLLER, H. TOUVIN, Françoise DOSBA. — The use of VPM 1 parents in improving disease resistance in Wheat	215
E. POCHARD, H. SERIEYS. — Differences in transpiration rates between varieties of Eggplant and other Solanaceae (<i>Solanum melongena</i> L., <i>Capsicum annuum</i> L., <i>Lycopersicon esculentum</i> MILL.). Consequences for the adaptation to different climatic conditions	243
C. TENDILLE, M. LECERF. — Propagation of Asparagus (<i>Asparagus officinalis</i> L.). Influence of various factors, especially of mineral nutrition, on the growth of Asparagus meristems and deriving plantlets and on the production of adult plants	269
R. DUMAS DE VAULX, E. POCHARD. — Effect of nitrous oxide on the induction of haploidy in the Garden Pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.)	283
Ch. GRASSELLY. — Study of the possibilities of producing intra- and interspecific F_1 hybrids in the sub-genus <i>Amygdalus</i> . I. — Heterosis in <i>Prunus persica</i> hybridized by <i>Prunus persica</i> , <i>Prunus davidiana</i> and <i>Prunus kansuensis</i>	307
Jacqueline PHILOUZE. — Study of two genes responsible for a brown pigmentation of Tomato seed	317

Les Annales de l'Amélioration des plantes figurent dans Current Contents